FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1904 **THÈSE** N° —

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le mercredi 23 mars 1904, à 1 heure.

PAR

R. ABADIE

Licencié ès-sciences mathématiques et ès-sciences physiques
Interne des Ambulances de la Ville de Paris

DES PROPRIÉTÉS

Physiques, Biologiques et Thérapeutiques

DE LA LUMIÈRE

ET DE SES APPLICATIONS A LA DERMATOLOGIE

Président : M. GAUCHER, *professeur.*
Juges : MM. LANDOUZY, *professeur.*
LETULLLE et LEGRY, *agrégés.*

Le candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

PARIS
IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE
H. JOUVE
15, rue Racine, 15

1904

36827

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M. DEBOVE.
Professeurs	MM.
Anatomie	P. POIRIER
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	GARIEL.
Chimie organique et Chimie minérale	GAUTIER.
Histoire naturelle médicale	BLANCHARD
Pathologie et thérapeutique générales	BOUCHARD
Pathologie médicale	HUTINEL.
Pathologie chirurgicale	BRISSAUD.
Anatomie pathologique	LANNELONGUE
Histologie	CORNIL.
Opérations et appareils	MATHIAS DUVAL
Pharmacologie et matière médicale	BERGER.
Thérapeutique	POUCHET.
Hygiène	GILBERT.
Médecine légale	BROUARDEL
Histoire de la médecine et de la chirurgie	DEJERINE.
Pathologie expérimentale et comparée	CHANTEMESSE.
	HAYEM.
Clinique médicale	DIEULAFOY.
	DEBOVE.
	LANDOUZY.
Maladie des enfants	GRANCHER.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	JOFFROY.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GAUCHER.
Clinique des maladies du système nerveux	RAYMOND
	TERRIER.
Clinique chirurgicale	DUPLAY.
	LE DENTU.
	TILLAUX.
Clinique ophtalmologique	De LAPERSONNE.
Clinique des maladies des voies urinaires	GUYON.
Clinique d'accouchements	BUDIN.
	PINARD.
Clinique gynécologique	POZZI.
Clinique chirurgicale infantile	KIRMISSON.

Agrégés en exercice.

MM.			
ACHARD	FAURE	LEGUEU	TEISSIER
AUVRAY	GILLES DE LA TOURETTE	LEPAGE	THIERY
BESANÇON	GOSSET	MARION	THIROLOIX
BONNAIRE	GOUGET	MAUCLAIRE	THOINOT
BROCA (Aug.).	GUIART	MERY	VAQUEZ
BROCA (André)	HARTMANN	POTOCKI	WALLICH
CHASSEVANT	JEANSELME	REMY	WALTHER
CUNEO	LANGLOIS	RENON	WIDAL
DEMELIN	LAUNOIS	RICHAUD	WURTZ
DESGREZ	LEGRY	RIEFFEL (chef des travaux anat.)	
DUPRE			

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

256

A LA MÉMOIRE

DE MON PÈRE ET DE MA MÈRE

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR GAUCHER

Professeur de clinique des maladies cutanées et syphilitiques.

Médecin de l'hôpital Saint-Louis.

Membre de l'Académie de médecine.

Chevalier de la légion d'honneur.

INTRODUCTION

Dans sa lutte contre les maladies si nombreuses qui affligent l'humanité, la médecine n'a guère utilisé, durant de longs siècles, que l'action des substances variées offertes par la nature vivante ou inanimée. Plus tard la chimie est venue lui apporter, avec une sorte de prodigalité, son contingent de produits nouveaux.

Cette thérapeutique médicamenteuse, à côté de quelques succès, n'a cessé de subir les plus nombreux échecs: si elle combat certains symptômes, elle ne modifie pas, en général, l'état constitutionnel du malade et ne fait pas disparaître la maladie. Malgré des efforts patients et persévérants, nous ne sommes en possession que d'un nombre extrêmement restreint de spécifiques (mercure pour la syphilis, quinine pour le paludisme, salicylate de soude pour le rhumatisme articulaire aigu). Des résultats si minimes montrent bien l'impuissance des moyens employés et la nécessité d'entrer dans une voie nouvelle.

C'est ce qu'a nettement déclaré le professeur Hayem dans son cours, le 8 novembre 1902, en affirmant la banqueroute de la thérapeutique fondée sur l'usage des médicaments. Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire les paroles d'un maître si autorisé (1).

« Sans entrer dans de grands détails, dit-il, et sans reprendre les développements que j'ai faits ailleurs et qui ressortaient

1. *Journal de Médecine interne*, décembre 1902.

de mon enseignement lorsque j'étais professeur de thérapeutique pharmacologique, la thérapeutique fondée sur l'usage des médicaments est une thérapeutique combattue, qui a fait son temps. Déjà, en 1879, lorsque je fus nommé professeur de thérapeutique à la Faculté de Médecine, l'édifice de la thérapeutique galénique, pharmacologique était, pour ainsi dire, vermoulu. Depuis les choses ont marché, et on peut dire qu'il est complétement effondré.

« Depuis fort longtemps, nous connaissons un certain nombre de spécifiques : le mercure, l'iode, la quinine, le fer. La chimie a fait des progrès assez grands pour qu'on ait pu introduire dans la thérapeutique un nombre considérable de corps nouveaux ; mais a-t-on découvert un nouveau spécifique? Non, nous restons en présence des spécifiques anciennement connus.

« C'est dans une autre voie que le progrès a été réalisé. On est parvenu, comme vous le savez, à combattre un certain nombre de *maladies aiguës* à l'aide de la *Sérumthérapie*. Evidemment, dans le traitement des maladies aiguës, il y a encore place pour les médications fondées sur une étude spéciale et raisonnée des indications thérapeutiques ; mais la voie ouverte par la sérumthérapie est une voie nouvelle dans laquelle des progrès seront sûrement réalisés sous peu, par conséquent, les indications, même les plus modernement comprises, ne sont plus l'orientation vers laquelle marche la thérapeutique de l'avenir. Voilà pour les maladies aiguës.

« Pour les *maladies chroniques*, l'effondrement de l'ancienne thérapeutique, tout en ayant moins fait de bruit, n'est pas moins complet, et je puis dire que j'ai pris une assez grande part à cette destruction en montrant les dangers de l'usage et de l'abus des médicaments. Vous savez, pour m'avoir entendu bien souvent développer cette idée, que le plus grand danger que court un malade atteint chroniquement, c'est de voir son état se compléter d'un empoisonnement médicamenteux, ou, tout au moins, d'une irritation stomacale d'origine muqueuse. Je n'ai pas besoin de répéter encore ici ce que j'ai souvent énoncé dans mes leçons antérieures ; qu'il me suffise de vous rappeler que *la proportion des cas d'empoisonnement crhonique par les médicaments dans la clientèle des villes est*, toutes maladies chroniques prises en bloc, *de 80 0/0*, c'est énorme !

« Vous vous rappelez aussi que dans les névroses, on voit venir, avec une extrême fréquence, le morphinomanisme et le chloralisme ; dans la tuberculose, la gastrite muqueuse qui, tout au moins, produit la perte de l'appétit et empêche la suralimentation ; puis, chez les dyspeptiques, dans 95 o/o des cas, on voit se produire l'empoisonnement par les alcalins,

l'irritation par les antiseptiques, les purgatifs répétés, les cachets, etc., qui aboutit à des processus que j'ai mis en évidence et que dénote la fréquence de gastronévroses, de types divers, notamment à forme neurasthénique.

« Cette évolution de la thérapeutique est en apparence toute contemporaine (je vous parle en effet de découvertes récentes) ; mais pour ceux qui connaissent un peu l'histoire de la médecine, il est facile de voir que ces nouveautés ne sont qu' un retour en arrière jusqu'à l'origine de la médecine, jusqu'à la médecine d'Hippocrate. Le père de la médecine avait parfaitement compris que c'était l'organisme qui faisait les frais de la maison, que cet organisme succombe lorsqu'il est affaibli ou mal armé. Cette loi est générale, et elle s'applique aussi bien aux maladies aiguës qu'aux maladies chroniques.

. . . . . .

« Pour les maladies chroniques, y compris même celles d'origine microbienne et pour lesquelles nous ne connaissons pas de sérums antitoxiques, c'est également à l'organisme que nous devons nous adresser, car c'est lui qui lutte, qui se défend, qui seul peut en arrêter les progrès, en effacer les désordres. Alors, la thérapeutique a pour but de provoquer des réactions intra-cellulaires tantôt d'ordre physique, plus généralement d'ordre purement nutritif, c'est-à-dire de *soutenir la nutrition des éléments anatomiques*. Ce but est atteint plus sûrement qu'avec les médicaments, *par les stimulants normaux, les modificateurs* dits *de l'hygiène*, qui sont devenus aujourd'hui les agents thérapeutiques les plus remarquables. Et il faut faire entrer dans les agents dits de l'hygiène, *les agents physiques*, et ainsi que j'ai eu l'occasion de le développer, les agents minéraux, la médication saline qui, pratiquement, est représentée par *les eaux thermales et minérales*.

« Les vrais moyens thérapeutiques sont donc les suivants (pour les maladies chroniques) : les *stimulants* dits *de l'hygiène*, repos et exercices, ingestats de matières alimentaires, boissons, et, se rattachant à ces ingestats, les matières salines, les eaux minérales, l'air et le climat, les *agents physiques et mécaniques, agents thermiques, électricité*, moyens mécaniques proprement dits, massage, mécanothérapie. Je crois aussi, Messieurs, avoir pris une certaine part à ce mouvement en donnant autrefois, à mon cours, sur les agents physiques et naturels, un plus grand développement que ne l'avaient fait mes prédécesseurs.

« *La conclusion de cette revue* rapide est d'une grande simplicité et peut se résumer ainsi : la thérapeutique s'est transformée et elle tend à se transformer de jour en jour et à entrer dans une certaine voie qui est la voie d'abandon des agents chimiques. La pratique de la médecine ne se résout plus dans la

prescription journalière, quotidienne, de poudres, de cachets, de potions quelconques, dont les formules varient selon les caprices des praticiens. Cette sorte d'empoisonnement que vous avez vu souvent compliquer la situation des malades atteints chroniquement, a fait son temps, et s'il n'est pas fait complétement, il est facile de prévoir que sa disparition se produira bientôt.

« Et il ne s'agit pas dans cette transformation d'une question de mode, comme on en a vu si souvent dans l'histoire des agents thérapeutiques ; non, c'est une conquête définitive parce qu'elle est définitivement assise.

« Cette conclusion est, en pratique, très grosse de conséquences. Elle est bien simple en apparence : laisser de côté les agents chimiques et employer les stimulants de l'hygiène. Eh bien ! cela nous conduit dans la pratique de la médecine à des conséquences considérables..... »

Le régime, les moyens hygiéniques, les agents physiques : la chaleur, la lumière, l'électricité avec ses divers modes d'application (franklinisation, galvanisation, faradisation, voltaïsation sinusoïdale, darsonvalisation par courants de haute fréquence de 150.000 à plus de un million d'alternances par seconde), le climat, l'atmiatrie, l'hydriatique, la cinésie, l'osmose, les phénomènes de tension superficielle d'où dérivent la tonométrie, la cryoscopie..., tels sont donc les vrais agents de traitement des maladies tout au moins chroniques ; avec ces moyens nouveaux va désormais s'élever, sur une base solide, l'édifice de la thérapeutique de l'avenir.

Cette médication puissante, *la physicothérapie*, en exaltant, sans doute, l'activité de notre milieu physiologique habituel, accroîtrait l'intensité de tous les phénomènes vitaux (circulation, respiration, digestion, nutrition, sécrétions, élimination...), elle suractiverait les fonctions défaillantes d'assimilation elle de désassimilation, de manière à perfectionner ainsi les échanges cellulaires.

Par quel mécanisme biologique intime ces résultats se produiraient-ils ? Nous sommes loin de pouvoir l'indiquer clairement. Mais quoi de plus naturel que l'électricité, la chaleur, la lumière, qui par leur transformation en énergie vitale, sont les causes du dynamisme organique, puissent être utilisées pour redresser les opérations biochimiques déviées? Peut-être leur mode d'action sera-t-il davantage mis en lumière par la découverte des merveilleux rayons N?

Nous sommes, en effet, soumis, dans notre activité physiologique et psychique, à des influences cosmiques insoupçonnées jusqu'ici. Ces rayons N que nous émettons, en même temps nous enveloppent de toutes parts et nous pénètrent constamment. Comme ils sont du même ordre que les phénomènes électriques et lumineux, le jour où nous en aurons approfondi l'étude et éclairci le mystère, nous pourrons peut-être pénétrer davantage l'essence des phénomènes vitaux, et nous rendre un compte exact de l'action biologique de la chaleur, de la lumière, des diverses modalités de l'énergie électrique, alors qu'il est déjà acquis, que ces trois agents, au lieu d'être distincts, sont parfaitement transformables les uns dans les autres, et ne font qu'un.

Sans doute aussi que le système nerveux, *le primum movens* de la machine animale, doit jouer un rôle intermédiaire de première importance : chez les vertébrés supérieurs et chez l'homme, c'est lui qui maintient la cohésion unitaire et assure le concours fonctionnel, pour la vie de l'ensemble, de tous les éléments différenciés et spécialisés en vue de la division du travail, condition du progrès organique, pendant que d'autre part, il gouverne par ses fonc-

tions trophiques, les actes de la vie cellulaire qu'il peut « accélérer, ralentir, ou inhiber » (Charrin).

« Passage obligé entre l'animal et le monde qui l'entoure, il préside aux relations des agents physiques avec les organes internes » (Claude Bernard) ; il en est de même dans le domaine des phénomènes pathologiques qui, selon l'expression de Claude Bernard, ne sont que des phénomènes physiologiques perturbés dans leur intensité. Ainsi, c'est par son intermédiaire que les diverses influences du milieu extérieur, comme les effets physicothérapiques, se répercutent sur l'ensemble de l'économie, en affectant d'abord la peau que Bouchard considère comme une immense membrane nerveuse, interposée entre le milieu ambiant et l'organisme.

Quoi qu'il en soit du mécanisme exact de leur action, toujours est-il que les forces naturelles, la chaleur, l'électricité, la lumière... nous apparaissent comme étant, avec l'eau, l'air, l'ozone, la cinésie et autres agents physiques, les facteurs les plus puissants pour modifier les échanges biologiques, améliorer le terrain morbide et combattre les maladies chroniques.

Ainsi leur pouvoir antidiathésique et antidystrophique s'exerce contre les manifestations pathologiques où interviennent l'auto-intoxication chronique, la bradytrophie, les combustions organiques incomplètes, c'est-à-dire l'arthritisme avec ses différentes modalités. Ces agents luttent contre les stases viscérales, stimulent les fibres musculaires lisses ou striées, activent les fonctions de sécrétion, excitent la bienfaisante phagocytose, provoquent avec une suroxydation vitale, une élimination plus complète des déchets, résidus et poisons organiques, assurent

enfin la trophicité normale de l'organisme. C'est donc une médication étiologique au premier chef. La neurasthénie et autres névroses, les affections utéro-annexielles sont également de son domaine. Peut-être sera-t-elle assez puissante pour s'opposer à l'invasion et à l'évolution des néoplasies malignes ?

Appliquée de bonne heure, cette thérapie naturelle est encore prophylactique par excellence, prévenant les lithiases, les stéatoses, les scléroses, les amyotrophies et la plupart des dégénérescences.

C'est une véritable révolution thérapeutique que tend à opérer en ce moment la physique biologique.

Il ne faut donc pas s'étonner si beaucoup de découvertes physiques qui, au début, paraissaient sans intérêt pour la physiologie et la médecine, donnent lieu maintenant à des applications médicales importantes.

« La physique moléculaire, dit d'Arsonval (1)dont nous citons les paroles, doit éclairer de plus en plus les mystères de la vie de la cellule.

« Chaque jour, la barrière élevée entre les corps vivants et les corps inorganiques recule un peu plus loin. Grâce aux produits sécrétés par les micro-organismes, toute une nouvelle thérapeutique a vu le jour avec Pasteur et son école.

« Ces substances immunisantes ou curatives qu'on a empruntées tout d'abord aux microbes, les cellules de l'organisme savent les produire sous certaines influences dont nous ignorons encore le déterminisme.

On peut prévoir le jour où on saura créer ces substances dont l'organisme même, sans apport extérieur, sous l'influence de modificateurs physiques. Si les essais tentés dans ce sens au moyen de l'électricité, par exemple, n'ont pas encore donné de résultats pratiques, ils nous ont montré tout au moins que cette voie n'est pas absurde, mais il y a plus ; voici main-

1. D'Arsonval. Préface du *Traité de photothérapie* par MM. les Dˢ Chatin et Carle.

tenant que nous pouvons concevoir l'espérance que ces produits organiques eux-mêmes ne seront pas nécessaires et que nous pourrons substituer à tous ces ferments vivants des produits inorganiques : des ferments métalliques.

L'expérience prouve, en effet, qu'en faisant intervenir l'électricité, en ionisant l'eau en présence de certains métaux, on communique à ce liquide toutes les propriétés des ferments solubles.

L'eau, ionisée en présence de l'iridium, par exemple, dédouble, comme le font certaines bactéries, le formiate de chaux en acide carbonique et hydrogène. L'eau, ionisée en présence du platine, transforme l'alcool en acide acétique, invertit le sucre de canne, décompose le bioxyde d'hydrogène, etc.... Comme pour les ferments organiques, une quantité infinitésimale de ferment métallique transforme des quantités considérables de matière. Enfin, chose plus surprenante encore, l'eau ionisée en présence du platine, se comporte absolument comme les ferments figurés, c'est-à-dire comme la cellule vivante en présence de certains poisons.

L'acide prussique à dose infénitésimale (1 pour 20.000.000.000) ralentit l'action du ferment et, à 1 pour 1.000.000.000, le ferment métallique n'est pas seulement anesthésié, il est tué définitivement comme le serait une cellule.

A quel état se trouve la matière dans ces conditions? Nous l'ignorons; mais l'or, l'argent, le platine, l'iridium, le cadmium, etc., en suspension dans l'eau ainsi ionisée à l'aide de ces électrodes, ne laisse voir, même aux plus forts grossissements, aucune parcelle métallique en suspension.

Ne savons-nous pas, entre autres, par les travaux de Curie, que les gaz ionisés jouissent de propriétés absolument nouvelles, notamment de cette propriété curieuse de décharger les corps électrisés, de devenir conducteurs de l'électricité.

L'ionisation de la matière, tant vivante que brute, voilà un champ immense et fécond ouvert à la physique biologique et où la thérapeutique de l'avenir trouvera des ressources dont on peut affirmer sans crainte toute l'efficacité.

Le courant électrique n'est pas le seul agent d'ionisation connu, une foule de radiations, émanant du tube de Crookes, produisent des effets analogues. Quoi d'étonnant alors que la lumière, ce type des agents impondérables, soit un si merveilleux modificateur de la vitalité des cellules.

Mais, pour agir efficacement, il faut que cette lumière ait des radiations de longueur d'onde spéciale. C'est là qu'intervient le

physicien biologiste pour modifisr convenablement le matériel instrumental... »

Ainsi la lumière revendique-t-elle une part importante, malgré bien des points encore obscurs, dans la médication physique. Dès l'origine même, la médecine avait reconnu empiriquement l'influence bienfaisante du soleil. Cependant l'utilisation curative de la lumière artificielle remonte à peine à quelques années ; et déjà des expériences très encourageantes permettent d'augurer d'heureux résultats, surtout en dermatologie.

Frappé de l'activité féconde de l'agent lumineux et de la radiation en général, nous avons pensé à en faire le sujet de notre thèse. Nous allons essayer de réunir, avec les théories qui révèlent la nature et expliquent les propriétés de cet agent, l'ensemble de ses puissantes manifestations dans le monde vivant, pour terminer par ses effets curatifs sur notre organisme. Nous aurons à aborder des questions fort diverses, car tout se tient dans la nature. Les différentes branches du savoir humain, si disparates qu'elles soient, ne sont pas étrangères les unes aux autres, elles se prêtent un mutuel appui pour expliquer les divers phénomènes et mettre leurs bienfaisantes ressources au service des nombreux besoins de l'homme.

Ainsi les magnifiques découvertes qui établissent les relations de l'énergie lumineuse avec les autres modalités de l'énergie, ont-elles eu leurs conséquences pratiques ; l'une des plus utiles est l'application de la lumière à la thérapeutique.

Mais avant d'entrer dans notre sujet, arrivé au terme de nos études médicales, nous voulons remplir un devoir de reconnaissance envers nos maîtres de

la Faculté et des Hôpitaux qui nous ont communiqué leur science et fait bénéficier de leur expérience.

Nous adressons de particuliers remerciements à ceux que nous avons eu l'honneur et le plaisir d'approcher de plus près :

M. le Dr Troisier, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Beaujon.

M. le Dr Letulle, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Boucicaut.

M. le Dr Merklen, médecin de l'hôpital Laënnec.

M. le professeur Cornil, médecin de l'Hôtel-Dieu.

M. le Dr Hirtz, médecin de l'hôpital Necker.

M. le professeur Raymond, médecin de la Salpétrière.

M. le Dr Reclus, professeur agrégé, chirurgien de l'hôpital Laënnec.

M. le professeur Tillaux, chirurgien de l'hôpital de la Charité.

M. le professeur Pozzi, chirurgien de l'hôpital Broca.

M. le Dr Guillemin, chef de la consultation de chirurgie à l'hôpital Saint-Louis.

M. le Dr Cunéo, professeur agrégé, chirurgien des hôpitaux.

M. le Dr Maygrier, professeur agrégé, accoucheur de l'hôpital de la Charité.

M. le Dr Démelin, professeur agrégé, accoucheur des hôpitaux.

M. le Dr Auvard, accoucheur de l'hôpital Saint-Louis.

Que ces maîtres éminents, dont la science s'allie au dévouement, reçoivent la pleine assurance qu'ils ne seront jamais oubliés.

Quant à M. le professeur agrégé André Broca,

MM. les Drs Gastou et Chatin, qui nous ont accueilli avec la plus grande bienveillance, nous leur adressons également l'expression de notre sincère et vive gratitude.

M. le professeur Gaucher, médecin de l'hôpital Saint-Louis, a bien voulu nous faire l'honneur d'accepter la présidence de notre thèse. Qu'il nous permettre de lui offrir respectueusement l'hommage de notre profonde reconnaissance.

Nous indiquons, au cours et à la fin de ce travail, les principales sources bibliographiques auxquelles nous avons puisé. Cependant nous pouvons dire dès maintenant que nous avons particulièrement mis à contribution les excellents traités de Photothéraphie et de Photobiologie de MM. les Drs Leredde et Pautrier, Chatin et Carle, et Régnier.

CHAPITRE PREMIER

De la nature et des propriétés de la lumière.

Dans la recherche passionnante des causes premières et de la nature intime des phénomènes, les sciences physiques, avec leur magnifique épanouissement au XIXe siècle, sont arrivées à cette admirable résultat, que la lumière, la chaleur, l'électricité, les actions chimiques... ont une origine et une nature communes, les différences étant purement quantitatives. Ces divers agents peuvent, en effet, dériver les uns des autres et s'engendrer mutuellement. Enfin, ils dérivent tous d'une seule et même cause, le travail mécanique, qu'ils sont susceptibles de régénérer ensuite dans une phase nouvelle.

Il y a plus : les phénomènes qui relèvent de ces divers agents, aussi bien que les phénomènes purement matériels de compressibilité, d'élasticité, d'acoustique, de capillarité... sont régis par les lois générales de la mécanique rationnelle (lois indépendantes des mécanismes spéciaux, par conséquent invariables à travers la diversité des apparences). Ils satisfont en particulier au principe fondamental de la conservation de l'énergie, autour duquel gravite la science moderne.

« La demi-variation de la force vive d'un système matériel quelconque est égale à la somme des travaux de toutes les forces appliquées au système pen-

dant le même temps », c'est-à-dire qu'il n'y a jamais de force vive ni de travail perdus, mais transformation toujours équivalente de l'un dans l'autre.

$$\frac{1}{2}(\Sigma m V^2 - \Sigma m V^\circ) = \Sigma T .$$

Il en est de même pour la chaleur, l'électricité, la lumière. Ainsi ces agents ayant même origine mécanique, s'équivalant entre eux qualitativement et quantitativement, et équivalant toujours numériquement à une certaine quantité de travail (par exemple une calorie équivaut à 425 kilogrammètres, et réciproquement) ne sont autre chose que trois formes de l'énergie; leur nature intime est celle d'une force vive, ou ce qui revient au même, celle d'un mouvement (1).

1. La radio-activité du radium et de la matière en général semble vouloir ébranler ce dogme primordial et saper le fondement actuel des théories du monde physique. Le nouveau corps découvert par M. et Mme Curie, le radium, métal alcalino-terreux, voisin du baryum, jouit en effet de la propriété extraordinaire d'émettre spontanément et d'une manière durable, de l'énergie sous forme de chaleur, d'électricité, de lumière, d'émanation (radio-activité induite), et cela, du moins en apparence, sans perte de poids, ni transformation moléculaire, ni emprunt d'énergie étrangère, contrairement à tous les phénomènes connus.

Mais il répugne de croire que ce soit là une source, une sorte de fabrication toute gratuite d'énergie. Il est au contraire parfaitement rationnel d'admettre, comme le pense Curie, 1° que de même que les corps fluorescents et phosphorescents, véritables récepteurs d'énergie, ne font que dégager sans modification aucune dans leur poids ou leur substance, l'énergie que leur a fournie le rayonnement extérieur, de même, l'atome radio-actif transforme et accumule en énergie radio-active, pour la libérer ensuite, les rayonnements inconnus qui traverseraient constamment tout l'espace; 2° ou bien, autre hypothèse matérialisant le phénomène, que cet atome radio-actif, cessant d'être regardé comme insécable et immuable — (déjà les physiciens ont été amenés à considérer, dans les ions gazeux et dans les

La science est allée plus loin, et par une analyse plus complète des phénomènes, elle a conclu que ce mouvement est *vibratoire*, et se propage, en général, par l'intermédiaire d'un milieu très élastique, l'éther cosmique. Cette substance serait répandue partout, dans les espaces célestes comme dans les interstices intermoléculaires de la matière, et tellement subtile, que son influence perturbatrice sur le mouvement des planètes, animées cependant de vitesses considérables, reste inappréciable.

Ce qu'il y a encore d'admirable, c'est que ce milieu est unique, c'est-à-dire qu'il est le véhicule commun des diverses phénomènes calorifiques, électriques, magnétiques et lumineux.

Grâce à cette haute conception de leur identité de nature, la science ne voit donc plus dans les forces physiques des fluides distincts, à propriétés spé-

rayons cathodiques des fractionnements électrisés (électrons, matière au 4° état, ultra-gazeux) de l'atome chimique — et d'ailleurs, la classification des éléments simples suivant une loi périodique, en fonction du poids atomique, telle la table de Mendéleeff, éveillant l'idée d'une communauté d'origine des éléments chimiques, leur évolution et transmutations réciproques apparaissent comme possibles) — subirait une évolution, se disloquerait, se disséminerait en restituant l'énergie qu'il emmagasina au jour de sa formation, et en se convertissant en hélium, gaz caractéristique du soleil.

On ne peut objecter à cette dernière interprétation, la constance du poids de la matière radiante, car Crookes fait observer que même si des milliers d'atomes s'échappaient par seconde, la diminution de poids serait à peine perceptible au bout d'un siècle.

D'autre part, Becquerel estime que l'énergie rayonnée en une seconde par une couche d'un centimètre carré de surface et de deux centimètres d'épaisseur est seulement de quelques millionièmes de watt et que cette perte d'énergie correspondrait à un transport de matière d'environ un milligramme en un milliard d'années.

ciales, mais de simples effets provenant d'une cause unique et régis par un ensemble de lois communes.

Ainsi a été réalisée la synthèse merveilleuse des forces physiques qui ramène tout au mouvement, et vient apporter une confirmation éclatante à ce grand principe universel dominant la création entière : *L'unité dans la pluralité.*

Parmi les radiations, certaines variétés, de découverte récente, n'étant pas encore suffisamment connues, nous n'aurons principalement en vue, dans ce travail, que les radiations calorifiques, optiques et chimiques des sources lumineuses.

Il nous a paru intéressant d'exposer d'abord les théories émises relativement à leur nature.

Théorie de l'émission ou de la matérialité de la lumière. — Imaginée par les anciens philosophes, Empédocle, Démocrite, Epicure, Lucrèce, Aristote, elle fut au XVIII^e^ siècle défendue avec ardeur par Newton. L'illustre physicien l'admit et la développa, ne pouvant expliquer par la théorie ondulatoire, faute du principe de Young découvert seulement cent ans plus tard, les lois des anneaux colorés.

D'après cette théorie, le mouvement lumineux appartient à une substance d'une ténuité extrême, émanant des corps lumineux qui la projettent dans l'espace avec une vitesse prodigieuse. Les corpuscules constituant chaque rayon sont d'autant plus éloignés de leur source qu'ils en sont partis à une date plus ancienne, leur mouvement de translation en milieu homogène, se fait suivant une trajectoire rectiligne, et leur vitesse est la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu (1).

1. Contrairement à ce que croyaient les anciens, la lumière ne se propage pas d'une manière instantanée. Sa vitesse, quoi-

Emis en quantité égale en tous sens par le point lumineux, ils se trouvent, au bout d'un temps t, uniformément répartis sur une sphère ayant pour centre le point lumineux, et pour rayon le produit Vt du temps par la vitessse de propagation.

Théorie mécanique des ondulations. — L'optique expérimentale en mettant en évidence de nouveaux phénomènes (phénomènes d'interférences, de diffraction) infirma de plus en plus le système de l'émission, en même temps qu'elle ne cessait d'affermir la théorie des ondes. Celle-ci repose tout entière sur cette hypothèse, que la lumière serait un mouvement vibratoire extrêmement rapide, s'exécutant et se propageant dans un milieu très élastique, l'éther, répandu dans tout l'univers, pénétrant la matière et remplissant le vide artificiel.

Dans cette théorie mécanique qui assimile la propagation de la lumière à celle du son, théorie développée par les recherches de Huyghens, Young, Fresnel, et les travaux mathématiques de Cauchy, Green, l'ébranlement vibratoire produit par la source lumineuse se transmet, dans l'éther ambiant, d'un mouvement uniforme dans tous les sens. Au bout d'un temps t quelconque, à partir de l'instant initial o, cet ébranlement s'est donc transporté à la surface d'une sphère, lieu géométrique des points égale-

que prodigieuse, est finie. Evaluée à l'aide de procédés astronomiques (écart entre la date donnée par le calcul et la date observée des éclipses des satellites de Jupiter, phénomènes d'aberration) et plus tard, par l'emploi des méthodes physiques (roue dentée, miroir tournant), elle a été trouvée égale, en moyenne, à 300.000 kilomètres par seconde ; si bien qu'elle met, pour nous parvenir du soleil, 8 minutes 13 secondes, de la lune 1 m. 2s, de l'étoile polaire, 31 ans, d'autres étoiles, des siècles entiers.

ment ébranlés au temps t : c'est la surface de l'onde, dont le rayon de grandeur V t augmente avec une vitesse V égale à celle de la lumière (1). Cette onde sphérique se développe ainsi avec le temps, tout en restant normale à un faisceau de droites issues de la source et constituant ce que géométriquement on appelle les rayons lumineux de cette source.

Ainsi le résultat est le même que dans le système de l'émission.

Mais voici où la théorie des ondulations l'emporte sur la précédente.

La périodicité du phénomène lumineux doit permettre, comme pour le son, de réaliser des interférences, des maxima et des minima d'intensité, comparables aux ventres et aux nœuds étudiés en acoustique : ainsi la superposition de la lumière à de la lumière pourra donner un accroissement d'éclat ou au contraire de l'obscurité. Or l'expérience vérifie cette première conséquence en montrant la production de ces maxima et ces minima de lumière (franges brillantes et franges obscures).

Autre conséquence. Interceptons avec un écran une portion du faisceau lumineux parti d'une source qui le projette sur un tableau : tandis que l'optique géométrique conduit à admettre une ligne limite de l'ombre et de la lumière, l'expérience montre au contraire des maxima et des minima d'éclairement (franges de diffraction). Or ce phénomène, non prévu

1. L'analyse infinitésimale établit la relation $V = \sqrt{\frac{e}{d}}$ formule de Newton, qui exprime la vitesse de propagation ou célérité des ondes en fonction du coefficient d'élasticité e de l'éther et de sa densité absolue d. Pour expliquer divers phénomènes de l'optique il faut admettre que e ou d peuvent varier suivant les milieux pondérables dans lesquels s'engage l'éther.

par la théorie de l'émission, s'explique naturellement dans le système des ondulations, par le principe des interférences (Young) et celui de Huyghens, qui sont les bases de cette belle et féconde théorie, dont les déductions ont même permis de prévoir d'autres faits nouveaux.

Principe des interférences, que le calcul déduit des propriétés du mouvement vibratoire : quand deux lumières partant d'un même point se superposent, après avoir parcouru des chemins divers, elles donnent de l'obscurité ou un redoublement de lumière, lorsque la différence des chemins parcourus est égale à un multiple impair ou pair de demi-longueurs d'onde, la longueur d'onde étant la distance à laquelle se propage le mouvement vibratoire pendant la durée d'une période, ou plus généralement, la distance qui sépare deux ondes consécutives possédant des mouvements vibratoires synchrones (1).

Principe de Huyghens. — Le mouvement vibratoire envoyé par une source S, en un point, A est à chaque instant, la résultante de tous les mouvements vibratoires envoyés au point A par les divers éléments d'une onde antécédente quelconque. Chacun de ces éléments est en effet un centre nouveau d'ébranlement, mais avec cette particularité, qu'il doit être assimilé (2) non à un véritable point lumineux rayonnant dans tous les sens avec une égale intensité, mais à un point qui envoie, dans chaque direction,

1. Entre la longueur d'onde λ, la période T, la vitesse de propagation V, le nombre N de vibrations par seconde, on a les relations simples : $\lambda = VT = \frac{V}{N}$

2. Fresnel : *Mémoire sur la diffraction*, couronné par l'Acad. des Sciences.

des vibrations dont l'intensité, maximum dans la direction normale à l'onde, décroît avec l'obliquité pour devenir nulle dans la direction tangentielle et dans toute direction rétrograde.

On en déduit que la lumière se propage non rigoureusement en ligne droite, mais à très peu près en ligne droite, résultat capital, qui est la base de la diffraction.

La théorie des ondulations explique encore, non seulement les divers cas de diffraction aussi bien que les phénomènes de l'optique géométrique les plus anciennement connus (variation de l'intensité lumineuse en raison inverse du carré de la distance, lois de la réflexion et de la réfraction simple), mais encore les phénomènes de la double réfraction uniaxiale et biaxiale, de la polarisation chromatique, circulaire, elliptique, rotatoire.

Enfin, d'accord avec l'expérience comparative de Foucault, elle conduit à cette conséquence que la lumière se propage plus vite dans l'air que dans l'eau. Cette conclusion condamne irrévocablement la théorie de l'émission, qui exige le résultat inverse contrairement à la réalité des faits. Tandis, en effet, que d'après l'hypothèse des ondes, la loi de la réfraction a pour expression : $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V}{V'} = n$ l'hypothèse de l'émission donne la relation inverse : $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V'}{V} = \frac{1}{n}$.

i et r étant respectivement les angles d'incidence et de réfraction à la surface de séparation de deux milieux inégalement réfringents, V et V' les vitesses de propagation de la lumière dans ces deux milieux, et n l'indice de réfraction du deuxième milieu par rapport au premier.

Expérience de Faraday. — Jusqu'ici, aucun lien ne semble exister entre la lumière et l'électricité. L'abîme commence à se combler par les travaux de Faraday, qui en 1845, découvrit le phénomène capital de la polarisation rotatoire de la lumière à travers un milieu magnétique.

Les vibrations lumineuses de l'éther sont transversales, c'est-à-dire perpendiculaires à la direction du rayon, mais en même temps, elles sont, en général, animées d'un mouvement de rotation très rapide autour de ce rayon, de telle sorte que leur direction change constamment. Si par un moyen quelconque (réflexion sur un miroir, réfraction à travers un cristal de Spath d'Islande), on les oriente toutes dans un même plan, on dit que le rayon lumineux est polarisé, et le plan perpendiculaire au plan des vibrations porte le nom de plan de polarisation.

Or, que l'on soumette un rayon ainsi polarisé à l'action d'un champ magnétique puissant, aussitôt le plan de polarisation tourne d'un certain angle, comme si les molécules d'éther luminifère tournaient sur elles-mêmes (1).

Plus tard, Kerr constata encore que quand on place un dielectrique optiquemest isotrope entre les armatures d'un condensateur, il devient aniso-

1. Le phénomène est régi par loi suivante ou loi de Verdet : Pour un rayon polarisé homogène, la rotation est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à l'épaisseur traversée, à l'intensité du champ, au cosinus de l'angle que fait la direction du rayon lumineux avec les lignes de force du champ et à un coefficient ω qui dépend de la nature du corps. Ce coefficient, dit constante de Verdet, est positif pour les corps diamagnétiques, négatif pour les corps magnétiques, de plus faible valeur pour les corps biréfringents que pour les corps isotropes, à peine appréciable pour les gaz et les vapeurs, et variable avec la longueur d'onde de la lumière employée.

trope et acquiert les propriétés de la biréfringence uniaxiale (1).

La découverte de ces importants phénomènes met en évidence, ou du moins fait pressentir l'existence de relations intimes entre la lumière, l'électricité, le magnétisme.

Encore plusieurs années de recherches, et deux savants illustres, Maxwell, puis Hertz, par les célèbres travaux qui ont immortalisé leurs noms, auront démontré l'identité complète de la nature de ces deux sortes d'agents.

Théorie électromagnétique de Maxwell. — Déjà, au moment où les recherches de Fresnel, confirmant la théorie de Huyghens, forçaient les savants à considérer la lumière comme le résultat d'un mouvement vibratoire de l'éther, Ampère fondait l'électrodynamique, et émettait cette hypothèse, que ce même éther, support des phénomènes lumineux, est en même temps le véhicule des actions électriques.

Ainsi la lumière et l'électricité pouvaient bien avoir une origine commune.

Il manquait à cette séduisante conception la consécration de l'expérience, que l'avenir devait lui apporter d'une manière éclatante.

Le rapport de « l'unité absolue électrostatique » à « l'unité absolue électromagnétique » a pour expression une vitesse (2), et, résultat étrange et merveilleux, les mesures électriques donnèrent à Maxwell, pour valeur numérique de cette vitesse, des

1. L'émission elle-même peut être influencée par un champ magnétique; ainsi pour les corps gazeux : modification des raies d'émission, de leur constitution, de leur longueur d'onde, émission de rayons polarisés (phénomène de Zeeman).

2. Exprimons au moyen des grandeurs fondamentales les

nombres oscillant autour de 300.000 kilomètres par seconde, c'est-à-dire la vitesse même trouvée pour la lumière. Une coïncidence si remarquable ne pouvait être que l'indice de relations intimes entre les phénomènes électriques et lumineux.

Maxwell, avec son génie, devina la nature de leurs rapports, et modifiant profondément les anciennes théories électrodynamiques (intervention du milieu ambiant (1) substituée à l'action à distance), il en tira, en appliquant l'analyse mathématique à un certain nombre d'hypothèses, l'électro-optique.

L'illustre physicien, édifiant sur cette intervention du milieu une théorie complète, en déduisit cette conséquence particulière, que le rapport ci-dessus des unités est théoriquement égal à la célérité de l'onde électromagnétique dans l'espace. La conclusion, étant donnée la valeur numérique de ce rapport, était donc que l'onde électromagnétique et la lumière se propagent avec la même vitesse ; et l'éther aparaissait comme leur véhicule commun.

Partant de là, Maxwell établit cette proposition admirable que la lumière n'est pas autre chose qu'un phénomène électromagnétique.

untités électrostatique et électromagnétique, de quantité d'électricité.

Nous aurons :

$$Q = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \qquad Q' = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} \text{ d'où } \frac{Q}{Q'} = L T^{-1},$$

rapport qui a les dimensions d'une vitesse.

1. Il est juste de remarquer que Faraday, le premier, mettant en doute l'action à distance, avait introduit en électrostatique, la puissante et si féconde conception des lignes et des tubes de force, qui met en évidence le rôle du milieu interposé dont les théories modernes font l'organe essentiel de la propagation électrique.

D'après lui, une onde lumineuse est une suite de courants alternatifs qui se produisent dans les diélectriques et même dans l'air ou le vide interplanétaires et qui changent de sens un quatrillion de fois par seconde. L'induction énorme due à ces alternances fréquentes, espèces de vibrations électriques, produit d'autres courants dans les parties voisines des diélectriques, et c'est ainsi que les ondes lumineuses se propagent de proche en proche. Le calcul montre que la vitesse de propagation est égale au rapport des unités, c'est-à-dire à la vitesse de la lumière. La direction des vibrations est transversale comme dans l'éther lumineux de Fresnel. Ainsi se retrouvent les résultats de la théorie des ondes (1).

Telle était la doctrine remarquable de Maxwell, malheureusement toute théorique, car pour la vérifier, il eût fallu des vibrations électriques d'une très grande rapidité. Cette confirmation matérielle vint un quart de siècle plus tard, avec l'œuvre géniale de Hertz.

L'analyse infinitésimale montre que la décharge d'un condensateur, de capacité C, dans un circuit dont la résistance est R et le coefficient de self-induction L, devient oscillatoire pour $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$

L'équation qui exprime alors l'intensité définit une sinusoïde d'amplitude décroissante dont la période $T. = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1-\frac{CR^2}{4L}}}$ se réduit, pour R très petit, vis-à-vis de L, à $T = 2\pi\sqrt{CL}$

La fréquence est $N = \frac{1}{T}$ et le nombre d'alternances 2 N.

1. Poincaré. *La théorie de Maxwell et les oscillations Hertziennes.*

Il en résulte, dans l'espace environnant, la production d'un champ électro-magnétique alternatif de même période, résultant de la superposition du champ magnétique produit par les courants de décharge et du champ électrostatique engendré par les charges électriques que les deux conducteurs se trouvent posséder pendant un instant très court, entre deux inversions de courant.

La formule qui donne la période T montre que pour une capacité C suffisamment petite, on aura une décharge oscillante, produisant des courants alternants d'une extrême fréquence.

Ces oscillations électriques, ainsi prévues par la théorie, Feddersen en confirma expérimentalement l'existence. A l'aide du miroir tournant qui dilate l'image de l'étincelle explosive d'une décharge et permet de séparer dans l'espace deux phénomènes lumineux très voisins dans le temps, il démontra que la décharge d'une bouteille de Leyde, au lieu d'être brusque et toujours de même sens, se fait par une série d'oscillations de période très courte. Celle-ci était comprise, dans ses expériences, entre 1/30.000 et 1/400.000 de seconde.

Hertz vint ensuite, et eut le grand mérite de découvrir un appareil capable de produire des oscillations beaucoup plus fréquentes, avec une durée extrêmement courte, par rapport à celle d'une oscillation, du déclanchement de la perturbation. Il évitait ainsi, dans la production du déclanchement, toute perte sensible d'énergie potentielle : c'était une condition importante à réaliser pour que la décharge fut oscillante.

Il obtint ce résultat en déterminant, au moyen de l'étincelle, ce déclanchement électrique subit, déclan-

chement qu'aucun système mécanique, si rapide fut-il, n'aurait pu produire assez brusquement pour des périodes d'oscillations aussi infimes que celles de 1/100.000.000 de seconde.

Il imagina donc son excitateur, sorte de condensateur chargé par une forte bobine de Ruhmkorff à des potentiels égaux et de signes contraires, et dont le circuit de décharge serait constitué par l'étincelle explosive qui déclanche brusquement les oscillations.

Les vibrations extrêmement rapides, ainsi produites, engendrent des ondes électromagnétiques successives qui se propagent tout autour de l'excitateur dans l'espace environnant, traversant même le bois, la presse, le soufre, etc... et susceptibles d'interférer entre elles à la façon des ondes lumineuses. L'exploration de ce champ alternatif se fait au moyen du résonateur, simple excitateur sans bobine d'induction, qui à chaque perturbation développée par l'excitateur, présente un flux d'étincelles entre les boules de son micromètre.

En transformant, par réflexion, les ondes électromagnétiques en ondes stationnaires dues à la superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie, et caractérisées par des nœuds et des ventres équidistants, on peut vérifier les conséquences de la théorie et effectuer des mesures.

On trouve pour la vitesse de propagation le chiffre moyen de 300.000 kilomètres par seconde, c'est-à-dire la vitesse de la lumière : ce qui confirme expérimentalement la déduction théorique de Maxwell énoncée précédemment.

L'expérience montre encore que les radiations électromagnétiques émanées d'un excitateur ont

qualitativement toutes les propriétés de la lumière, et qu'il est possible de leur faire reproduire tous les phénomènes de l'optique ; ainsi, le mode de propagation à travers l'air est le même que celui de la lumière : la direction est rectiligne, l'intensité varie en raison inverse du carré de la distance.

De même les lois de la réflexion et de la réfraction sont identiques aux mêmes lois de l'optique.

L'action électromagnétique, comme l'action lumineuse, peut provoquer les phénomènes de phosphorescence et de fluorescence.

Mais les analogies se poursuivent jusque dans l'imitation des phénomènes les plus complexes de la lumière. Ainsi, on a pu réaliser :

1° L'imitation des franges d'interférence.

2° L'imitation des anneaux colorés de Newton, ce brillant phénomène d'interférence optique qui donne aux bulles de savon leurs riches couleurs.

3° L'imitation des phénomènes de diffraction, qui d'autant plus marqués que leur longueur d'onde est plus grande, sont plus faciles à reproduire avec les ondes électriques.

La similitude des propriétés se retrouve également dans la comparaison avec la lumière polarisée :

1° Dans les deux cas, le plan de polarisation est perpendiculaire au plan de vibration.

2° On a également reproduit les phénomènes correspondants de polarisation par réflexion et par réfraction, de réflexion totale, de polarisation circulaire, elliptique, de biréfringence, de dichroïsme.

Enfin il n'est pas jusque dans les applications les plus étonnantes où l'on ne retrouve la même imitation : c'est ainsi que la télégraphie sans fils, basée sur la propagation à grande distance des ondes électroma-

gnétiques, est analogue à la télégraphie optique qui utilise les ondes lumineuses.

Que faut-il conclure de tous ces résultats expérimentaux qui montrent avec une telle évidence la complète analogie de la lumière et des radiations électromagnétiques ? Sinon qu'il n'y a entre les vibrations lumineuses et les vibrations hertziennes qu'une différence purement quantitative, qui réside dans la durée de leur période. Si cette dernière, déjà si minime, était un million de fois plus courte encore, les effets des oscillations hertziennes seraient identiques à ceux des oscillations lumineuses, et notre rétine pourrait les percevoir. (Avec l'excitateur de Bose qui donne 50 millions de vibrations par seconde, il suffirait seulement d'une rapidité 10.000 fois plus grande, pour produire la lumière visible (l'orangé) qui n'est qu'à treize octaves au-dessus).

D'ailleurs cette différence de degré se retrouve entre les diverses radiations émanées du soleil, dont les unes sont lumineuses, c'est-à-dire agissent sur notre œil, tandis que les autres (ultra-violettes ou infra-rouges) sont invisibles, se manifestant seulement par des effets chimiques ou calorifiques. La raison en est en ce que pour impressionner chacun de nos sens, les vibrations ne doivent être ni trop lentes, ni trop rapides ; mais qualitativement, les radiations obscures ne diffèrent pas plus des radiations lumineuses, que le rouge par exemple ne diffère du bleu : toute la différence est dans la longueur d'onde qui est plus grande, comme celle des radiations hertziennes est beaucoup plus grande encore. Ces dernières, il est vrai, ne paraissent pas exister dans les rayonnements du soleil, mais il est parfaitement possible qu'elles soient absorbées par l'atmosphère solaire,

dans la région supérieure où la pression est très faible.

L'expérience du tube de Geissler s'illuminant dans le champ alternatif d'un excitateur, — ce qui implique nécessairement une absorption d'énergie, — démontre en effet que les gaz raréfiés absorbent les oscillations hertziennes.

Les hypothèses de Maxwell sont donc justifiées par l'expérience : la lumière n'est qu'une perturbation électromagnétique, et son milieu de propagation, l'éther, est le même que celui qui transmet les oscillations hertziennes.

On pourrait, cependant, soulever une objection importante : D'après leur mode même de production, les vibrations hertziennes, nécessairement parallèles à l'axe de l'excitateur, ont une orientation constante comme les vibrations de la lumière polarisée ; dans la lumière naturelle, au contraire, pendant l'intervalle d'un dixième de seconde (durée de persistance des impressions rétiniennes) la direction de la vibration, son intensité, sa phase, sa période changent des millions de fois, et cependant elles se maintiennent sensiblement constantes pendant des millions de vibrations. Le nombre de vibrations par seconde se compte en effet par millions de millions. Mais si on concentrait dans un petit espace un nombre immense d'excitateurs orientés en tous sens, fonctionnant simultanément, ou successivement sans interruption de façon que le second entrât en branle avant l'extinction des vibrations du premier, on obtiendrait, en enregistrant les énergies moyennes avec un instrument analogue à une rétine dont les impressions persisteraient pendant des trillions d'oscillations hertziennes, un effet général qui serait l'analogue de la lumière naturelle (1).

1. Poincaré, *loc. cit.*,

Telles sont, simplement esquissées, les théories ondulatoire et électro magnétique de la lumière, unes plus admirables monuments de l'esprit humain, œuvre des trois grands génies que la postérité réunira dans la même auréole de gloire malgré leurs nationalités diverses : Fresnel, Maxwel et Hertz (André Broca).

On peut donc définitivement considérer la lumière et l'électricité comme deux modalités très voisines de l'énergie. Cette synthèse, indépendamment de son intérêt philosophique, permet de comprendre les analogies que présentent la lumière, l'électricité, les rayons X au point de vue de certaines actions physiques, chimiques, physiologiques et thérapeutiques.

Analyse de la lumière. — Newton, le premier, fit l'analyse de la lumière blanche, longtemps considérée comme indécomposable, et montra qu'elle est formée de rayons de couleur différente. On reproduit son expérience en faisant passer un faisceau de rayons solaires parallèles à travers un prisme de verre dont l'arête est disposée perpendiculairement à la direction commune des rayons incidents. Le faisceau émergent, dévié vers la base, dessine sur un écran, une bande allongée, ou *spectre,* qui présente une infinité de teintes se fondant insensiblement les unes dans les autres, et dont les sept principales offrent la succession suivante, à partir de la base : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge. La lumière qui constitue ces couleurs, n'étant plus décomposable par un deuxième prisme, doit être considérée comme simple, et est dite monochromatique.

La déviation produite par le prisme étant fonc-

tion de l'indice de réfraction, le phénomène de Newton s'explique en admettant que la lumière blanche, au lieu d'être simple, est composée d'une infinité de rayons d'inégale réfrangibilité, d'où résulte leur dispersion par la réfraction prismatique. Ainsi séparés, ils produisent diverses couleurs par action subjective différente sur l'appareil de la vision. A chacun correspond un indice de réfraction déterminé qui croît du rouge au violet, et une longueur d'onde caractéristique.

La continuité des couleurs du spectre prouve que la réfrangibilité des rayons varie aussi d'une manière continue. Il en est de même de la longueur d'onde.

Ces longueurs d'onde, que les procédés de l'optique physique basés sur les phénomènes de diffraction et d'interférence permettent de mesurer, ont pour valeurs numériques (relatives aux sept couleurs principales).

	longueurs d'onde exprimées en microns $\mu = 1/1000^e$ de mm	nombre de vibrations par seconde $n = \frac{V}{\lambda}$
milieu du rouge	0, μ. 700	428
— orange	0, 597	503
— jaune	0, 580	516
— vert	0, 527	568
— bleu	0, 473	635
— indigo	0, 438	685
— violet	0, 405	742

Raies du spectre. — Cependant la continuité du spectre solaire n'est pas parfaite : son étude attentive ayant montré qu'il présente des raies transversales noires, comptées d'abord au nombre de huit (raies de Frauenhaufer), puis reconnues extrêmement nombreuses, il faut conclure à l'absence des rayons correspondants dansla lumière reçue du soleil,

absence qui s'explique par la considération des deux principes suivants :

1° Les radiations sont absorbées par les corps en proportion plus ou moins considérable suivant leur degré de réfrangibilité et la nature du corps qu'elles traversent ;

2° L'absorption et l'émission des radiations par les corps obéissent à cette loi remarquable : tous les corps à l'état gazeux absorbent les rayons de même réfrangibilité que ceux qu'ils sont capables d'émettre.

Pour les solides et les liquides incandescents, le spectre est continu, c'est-à-dire dépourvu de raies, tandis que celui des gaz n'est qu'un spectre de lignes brillantes séparées par de larges intervalles obscurs.

La connaissance de ces raies et leur interprétation ont permis d'en faire une merveilleuse application à l'analyse chimique qualitative. On a pu ainsi déceler des quantités infinitésimales de substances, jusqu'à un trois-millionième de gramme, étudier en particulier la constitution des corps célestes, de l'atmosphère solaire, où a été reconnue la présence d'un certain nombre de métaux terrestres, et faire l'examen spectroscopique du sang, des humeurs, des téguments, de l'œil, des muscles.

Différentes sortes de radiations. — Les radiations lumineuses, c'est-à-dire impressionnant notre rétine, radiations dont l'intensité maxima correspond au jaune, ne sont pas les seules à constituer le spectre. D'une part la pile thermo-électrique et surtout le bolomètre de Langley capable de déceler une variation de 1/10.000e degré de température, d'autre part le papier photographique sensibilisé y ont respectivement révélé l'existence de radiations calorifiques et de radiations chimiques ou actiniques.

Ces radiations invisibles comprennent la partie visible du spectre et débordent encore ses limites, les premières, les radiations calorifiques, en deça du rouge (spectre obscur infra-rouge, moins réfrangible que le rouge), les autres, les radiations chimiques, au-delà du violet (spectre obscur ultra-violet, plus réfrangible que le violet).

L'intensité des radiations calorifiques, très faible dans la région du violet, croît à mesure qu'on approche du rouge, passe par un maximum, puis décroît et s'éteint dans l'infra-rouge dont l'étendue est sensiblement égale à celle du spectre visible. L'intensité des radiations chimiques varie en sens inverse, presque nulle dans le rouge, elle devient de plus en plus forte vers le violet et dans l'ultra-violet. La région ultra-violette peut avoir une étendue considérable, deux fois plus grande que la zone lumineuse, quand il s'agit de spectres métalliques. La limite observée par Cornu correspond à la longueur d'onde 294 μ. et à la fréquence de 1600 trillions de vibrations par seconde.

Ces différentes radiations présentent des propriétés qui permettent d'identifier encore qualitativement la lumière avec d'autres formes de l'énergie : la chaleur et l'action chimique.

En effet, la réfraction à travers un prisme produit une dispersion des rayons calorifiques et chimiques, analogue à celle des rayons lumineux.

La triple propriété d'un rayon à effets lumineux, calorifique et chimique ne peut être dissociée ni par réfraction, ni par absorption inégale (les différents milieux transmettant toujours dans la même proportion, avec un égal affaiblissement, les trois pro-

priétés, qui sont donc inséparables) ni par polarisation, ni par interférence.

La longueur d'onde des trois radiations qui se concentrent en un même point du spectre sont égales, par conséquent aussi leurs périodes.

Ces trois radiations sont donc identiques, il faut y voir trois modes de manifestation d'une même cause, d'un seul et même agent, de telle sorte, qu'en un point donné du spectre, il n'y a pas à la fois trois rayonnements (lumineux, calorifique, chimique), c'est-à-dire superposition de trois vibrations différentes, mais une seule et unique vibration, entièrement caractérisée par sa longueur d'onde.

D'ailleurs, on peut répéter avec les rayons calorifiques, suivant des lois générales identiques, outre les phénomènes de rayonnement, de réflexion et de réfraction, tous les phénomènes d'interférences, de diffraction, de double réfraction, de polarisation, de l'Optique physique.

Cette analogie, se poursuivant dans les expériences les plus délicates, conduit logiquement à l'identité des causes et des milieux d'action.

La chaleur peut aussi être transformée en énergie chimique, électrique, mécanique, et déterminer des réactions physiologiques.

Réciproquement, avec l'électricité, un courant électrique par exemple, on obtient, à mesure que croît son intensité, de la chaleur, de la lumière, des actions chimiques.

De même, les radiations lumineuses de longueur d'onde inférieure à 500 μ. les rayons ultra-violets, les effluves statiques, les rayons X produisent des phénomènes de fluorescence, sont doués du pouvoir photochimique et transformables par conséquent en

énergie chimique : réduction de la plupart des sels métalliques, particulièrement d'argent, d'or, de platine (base de la photographie), oxydation de certaines substances (gaiac, bitume de Judée, essences, etc.) combinaison de certains corps (chlore et hydrogène); réactions chimiques dans l'organisme.

L'énergie chimique peut à son tour engendrer les autres modalités de l'énergie. La lumière est encore susceptible de se transformer en électricité (phénomènes actino-électriques) (1).

Il y a donc identité qualitative absolue de tous ces divers ordres de phénomènes, de leurs agents, et de leur milieu de propagation, c'est-à-dire de l'éther, véritable milieu universel, propageant à la fois la lumière, la chaleur, l'électricité et le magnétisme, ainsi admirablement synthétisés en une seule et même énergie.

Ce groupe de modalités de l'énergie s'est accru dans ces dernières années de formes radiantes nouvelles dont nous ne dirons qu'un mot, car elles sont encore imparfaitement connues. Nous voulons parler des rayons X, des rayons du radium et des rayons N.

Les rayons X ou de Roentgen émanent toujours

1. On a même mis en évidence une action répulsive exercée par l'agent lumineux : étant donné un corps inégalement éclairé, tout se passe comme s'il était poussé par la lumière dans le sens de propagation de celle-ci. Cette poussée, prévue théoriquement par Maxwell et Bartoli, a été récemment vérifiée par Lebedef. Elle est très petite, un millimètre carré exposé normalement aux rayons solaires subissant une répulsion inférieure à un milligramme-poids ; mais il s'agit de forces proportionnelles à la surface, tandis que l'attraction newtonienne est proportionnelle au volume : les forces de Maxwell-Bertoli pourront donc, au cas de poussières ténues, l'emporter sur les forces de gravitation (formation de la queue des comètes). (Perrin. *Traité de chimie physique*).

des obstacles qui reçoivent les rayons cathodiques (1), l'intensité de cette émission ne dépend, toutes choses égales d'ailleurs, que du poids atomique de la matière constituant l'obstacle si celui-ci est un corps simple ; suivant que les rayons cathodiques sont produits par une différence de potentiel plus ou moins grande, les rayons Roentgen obtenus traversent plus ou moins facilement les corps placés sur leur trajet ; leur propagation est rigoureusement rectiligne sans réflexion, ni réfraction ; ils déchargent les corps électrisés placés dans les gaz ; ils ne sont pas influencés par un champ électrique ou magnétique ; ils impressionnent les plaques photographiques (2) ; comme leur célérité est égale à celle des oscillations hertziennes, égale elle-même à celle de la lumière, il faut les rattacher à des causes analogues, et en tout cas, admettre qu'ils se propagent dans le même milieu cosmique (Poincaré).

Ces rayons se rangent au-delà de l'ultra-violet ; la petitesse de leur longueur d'onde n'en permet pas la perception directe par l'œil, mais ils sont en quelque sorte indirectement visibles par la propriété qu'ils ont de rendre fluorescents certains corps, tel que le platino-cyanure de baryum.

Quant aux radiations très hétérogènes émises par le radium, une première catégorie est lumineuse, mais interceptée par les corps opaques ; une seconde, lumineuse encore, peut traverser plus ou moins ces derniers, et permettre la vision à travers les os du crâne et chez certains aveugles à lésions périphériques ; une troisième catégorie (dont une partie est

1. Roentgen et Perren. Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences, t. CXXIV (1897), t. CXXII (1896)
2. Villard. *Les rayons cathodiques.*

déviable par l'aimant), comme les rayons X est invisible, traverse les corps opaques et impressionne la plaque photographique en se transformant en énergie chimique.

Enfin les rayons N (1) constituent une série de radiations à propriétés différentes, radiations invisibles directement, n'impressionnant ni le thermomètre, ni la rétine, ni la plaque sensible, traversant le bois et la plupart des métaux. Elles révèlent seulement leur existence par la propriété qu'elles ont d'exalter d'une part, la luminescence d'une petite étincelle d'induction, d'une flamme, des corps fluorescents (platinocyanure de baryum) ou phosphorescents (sulfure de calcium), d'autre part de renforcer l'impression sensorielle produite sur l'œil par les rayons lumineux.

Blondlot, qui les a isolés récemment des rayons Roentgen dans le faisceau lumineux complexe émané du tube de Crookes, en a ensuite constaté l'émission par le bec Auer, les plaques métalliques chauffées, le soleil, les corps insolés, certains corps en état d'équilibre contraint (acier trempé, même depuis des siècles, depuis l'époque gallo-romaine), ou changeant d'équilibre moléculaire (flexion d'une lame de verre..., compression du bois, du caoutchouc).

Après lui, Charpentier — et ceci met clairement en évidence les relations de plus en plus intimes qui unissent la physique et la biologie — vient de montrer que le corps humain et la matière vivante en général, principalement les zones psychomotrices, les centres et conducteurs nerveux, les muscles émet-

1. Communications à l'Académie des Sciences, 23 mars; 11, 25 mai; 15 juin; 20 juillet; 2, 9, 23 nov.; 7, 14 déc., 1903; et *Archives d'électr. méd.*, Guilleminot, 25 janv. 1904.

tent aussi continuellement, mais surtout pendant leur fonctionnement, ces mêmes rayons. Leur production paraît être une fonction de l'activité vitale elle-même et leur constitution dépendre de la source génératrice, les rayons d'origine nerveuse, par exemple, différant des rayons d'origine musculaire (1).

La volonté, la pensée, l'effort mental, l'attention ont ainsi une extériorisation, une manifestation radiante capable d'influencer à distance un phénomène physique, et sans doute d'impressionner d'autres centres nerveux. Ainsi s'expliqueraient peut-être les phénomènes de suggestion hypnotique, de télépathie, les ondes N voyageant à travers l'espace comme les ondes électriques utilisées par la télégraphie sans fil.

Pratiquement, cette émission humaine des rayons N peut rendre des services immédiats en permettant de délimiter extérieurement l'aire d'un centre nerveux, tel le centre de la parole de Broca, ou d'un organe musculaire comme le cœur, ou de suivre le trajet d'un nerf, d'un muscle.

Tous ces différents rayonnements, manifestations nouvellement découvertes de l'énergie, rentrent dans la famille des radiations antérieurement connues.

1. Les rayons musculaires traversent presque intégralement l'aluminium et sont des rayons N proprement dits, tandis que les rayons nerveux sont en partie arrêtés par une faible couche d'aluminium, une autre partie traversant des épaisseurs très notables de ce métal. Une compression, même modérée, augmente sensiblement l'émission des nerfs et bien moins celle des muscles. Le sulfure phosphorescent chauffé est plus sensible à la radiation nerveuse, ce qui la distingue encore de l'émission des autres tissus. Enfin, caractère général des rayons physiologiques, le plomb, l'eau pure ne les interceptent pas complétement, tandis que ces substances absorbent les rayons Blondlot.

Les physiciens rangent ainsi cet ensemble d'après la vitesse croissante des vibrations.

Oscillations électriques produites par la décharge d'une bouteille de Leyde.

Oscillations heztiennes qui ont permis de vérifier la théorie électro-magnétique de la lumière.

Rayons calorifiques obscurs (impressionnant le thermomètre).

Rayons lumineux (impressionnant la rétine).

Rayons ultra-violets (impressionnant la plaque photographique).

Rayons N.

Enfin peut-être les rayons X et les rayons non déviables du radium.

Emission, absorption et transmission de la lumière. — Les radiations émises par les corps noirs et par suite la composition de leur lumière sont uniquement fonction de la température (Becquerel) et de celle de l'enceinte environnante ; par conséquent tous ces corps, quelle que soit leur nature, à mesure qu'on les chauffe dans une même enceinte, passent au rouge en même temps... au blanc en même temps. Ceci ne s'applique plus aux corps non noirs ; mais pour la plupart des corps, l'écart est assez faible. Il ne devient notable que dans un cas fort intéressant au point de vue de la pratique, c'est celui des oxydes rares dont on constitue le manchon Auer.

Pour une radiation déterminée, l'intensité est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue (Loi de Stefan).

$$I = m\,T^4 = m\,(273 + t)^4$$

Quant à la variation de l'intensité rayonnée en tous sens, elle est régie par la loi suivante : les flux de lumière traversant un même élément de surface à

différentes distances d'une source lumineuse, sont en raison inverse des carrés des distances et proportionnels au cosinus de l'angle que forme la direction incidente avec la normale à la surface.

L'absorption des radiations, ou plutôt de la force vive qu'elles représentent, est la cause des phénomènes consécutifs, phénomènes calorifiques (élévation de température et émission de radiations plus réfrangibles qui en est la conséquence), phénomènes de luminescence (émission de lumière dont la nature est indépendante de la température du corps), phénomènes chimiques, phénomènes physiologiques et effets thérapeutiques.

Par suite de l'absorption produite, l'intensité des radiations qui traversent une lame de substance décroît en progression géométrique quand l'épaisseur traversée croît en progression arithmétique. $i = i_0 \, e^{-kx}$

e, base des logarithmes népériens.
x, épaisseur traversée.
k, coefficient d'absorption variant avec la nature de la substance et de la radiation.

Cette formule conduit à deux conséquences importantes. Elle montre que : 1° quelle que soit l'épaisseur x traversée, jamais il n'y aura absorption totale, que par suite i, tout en tendant indéfiniment vers zéro, ne pourra jamais devenir nul. Mais pratiquement, l'effet deviendra souvent insensible, bien que la cause ne soit pas rigoureusement nulle, quand i tombera au dessous d'une certaine valeur i_1 variable avec la nature de l'effet.

$$i_0 \, e^{-kx} \leqq i_1, \text{ d'où l'on tire } x \geq \frac{\log i_0 - \log i_1}{0{,}434k}$$

On voit qu'il existe toujours une valeur acceptable de x.

2° si k a la même valeur pour toutes les radiations, l'affaiblissement produit par l'absorption sera uniforme (corps incolores) ; si au contraire, k présente des valeurs très différentes pour les diverses radiations, celles-ci seront absorbées en proportions sensiblement différentes (corps colorés) (1).

Avec des écrans absorbants de nature et d'épaisseur convenables, il sera donc possible d'éliminer pratiquement certaines radiations nuisibles pour ne conserver que celles qui doivent seules être utilisées.

L'eau pure laisse passer tout le spectre lumineux et le spectre ultra-violet, mais absorbe les radiations infra-rouges.

Le verre absorbe en partie les radiations de l'infra-rouge et de l'ultra-violet.

Le sel gemme, le spath fluor sont les substances les plus diathermanes, la première pour l'infra-rouge ordinaire, la seconde pour l'infra-rouge extrême. On s'adressera donc à ces corps pour étudier les rayons calorifiques.

Le quartz, l'eau pure transmettent le mieux les radiations chimiques.

Les milieux colorés en vert interceptent les radiations extrêmes peu ou très réfrangibles et donnent finalement une couleur verte pure (sels de nickel et verres verts).

Les milieux colorés en bleu ou en violet sont très transparents pour les rayons très réfrangibles, tan-

1. Mais pour une épaisseur très faible, la composition du faisceau incident sera peu changée : la lumière blanche, par exemple, paraîtra blanche, de telle sorte que les corps colorés deviennent incolores sous une épaisseur assez faible.

dis qu'ils arrêtent les rayons peu réfrangibles jusqu'au vert. A mesure que leur épaisseur augmente, le vert, le bleu, le violet disparaissent successivement, mais non les rayons chimiques ultra-violets, dont la transmission s'effectue encore après extinction de toute lueur.

L'orangé et le jaune passent seuls à travers une solution de bichromate de potasse et d'acétate double d'urane et de nickel.

Le sang, milieu rouge, absorbe la lumière chimique. Celle-ci, par contre, traverse les tissus organiques, surtout imprégnés d'eau (condition réalisée dans l'organisme), et même les tissus osseux.

Remarquons, ainsi que l'indique la théorie, que l'absorption par les divers corps varie avec leur épaisseur ; il faudra donc vérifier, au spectroscope, la transparence de l'écran employé, pour une seule espèce donnée de radiations.

Ajoutons que l'étude de la loi qui régit le phénomène de l'absorption a permis d'en faire l'application au dosage des substances colorantes, oxyhémoglobine et hémoglobine réduite (spectrophotométrie des tissus).

*
* *

La lumière, la chaleur, l'action chimique sont les trois modalités de l'énergie par lesquelles les radiations lumineuses exercent leur action dans les diverses manifestations de la vie, comme dans le monde inorganique.

La photothérapie est l'application à la thérapeutique de ces trois propriétés de l'agent lumineux, surtout des propriétés chimiques, employées seules ou associées. La radiothérapie n'utilise que les effets chimiques des rayons X, mais dans un certain nom-

bre de cas, les deux moyens d'action peuvent servir indistinctement.

Si la chaleur, la lumière, l'action chimique ont une existence propre, pouvant être indépendante des autres formes de l'énergie, ces divers agents se trouvent réunis dans la lumière émanée du soleil, ou des sources artificielles produites ordinairement par la combustion (flammes diverses) ou le passage de grandes quantités d'électricité à travers des milieux résistants (lampes électriques à arc ou à incandescence). Ceci a un intérêt pour le médecin, parce que la proportion de chacune des trois variétés de radiations varie suivant la nature de la source lumineuse.

Certains artifices permettent d'utiliser, en même temps que les radiations lumineuses, soit les radiations chimiques, soit les radiations calorifiques. Ces associations ou dissociations ne sont nullement indifférentes, tant au point de vue de l'action physique que de l'action physiologique et médicale.

Les radiations calorifiques infra-rouges augmentant en nombre et intensité à mesure qu'on approche et pénètre dans la première portion de la zone lumineuse du spectre, il en résulte que les sources de chaleur lumineuse (chaleur rayonnante ou radiante) développent une plus haute température que les sources de chaleur obscure.

De même, les différentes sources incandescentes produisent en inégale quantité les trois sortes de radiations. Pour la lumière solaire, leur répartition n'est jamais égale, à cause de la transformation par la vapeur d'eau atmosphérique, des radiations calorifiques lumineuses, en chaleur obscure. La lumière obtenue par combustion de l'huile, du gaz d'éclairage,

ou par incandescence dans les lampes électriques renferme une proportion relativement considérable de rayons calorifiques. La richesse en rayons chimiques appartient à la lumière oxhydrique, à celle de l'acétylène, des lampes électriques à arc, surtout à courants alternatifs.

Au point de vue de l'action biologique, les deux variétés de radiations dont le rôle est le plus important sont les radiations rouges et les radiations chimiques. Les substances les plus utilisées pour leur production, comme écrans absorbants, seront les solutions colorées de bichromate de potasse (rouge) d'une part, et de sulfate de cuivre ammoniacal (bleu) d'autre part, ou plus simplement : les verres rouges des photographes au protoxyde de cuivre et les verres bleus colorés au bleu de cobalt. Ces écrans absorbants sont les moyens de choix pour obtenir des lumières monochromatiques.

Le quartz étant pratiquement le seul corps qui absorbe au minimum le bleu, le violet et l'ultra-violet servira à la fabrication des concentrateurs et des compresseurs dont la photothérapie fait usage.

Pour cette même raison de transparence, l'argent, au contraire, est à exclure de la construction des miroirs réflecteurs de lumière chimique.

Les sources lumineuses utilisées en photothérapie ont presque toujours été le soleil et l'électricité, la plupart des autres sources produisant en moindre proportion les rédiations utiles. Dans les flammes d'alcool, d'huile, de pétrole, de gaz, la proportion des rayons chimiques comparée à celle que présente la lumière solaire, est beaucoup plus faible que la proportion des rayons calorifiques, lesquels sont peu employés en thérapeutique lumineuse. Cette diffé-

VIAGALIMAL

rence de proportion diminue dans la lumière des lampes électriques à incandescence. Elle change de sens, en faveur des rayons chimiques, dans les lumières très blanches des lampes oxhydriques, à acétylène ou électrique à arc, qui présentent une grande richesse en radiations chimiques, tandis qu'elles n'émettent qu'une quantité relativement faible de chaleur. Ces sources seraient donc utilisables en photothérapie ainsi que les becs Auer ou autres systèmes à incandescence. Mais la préférence est acquise aux lampes électriques à cause de leur réglage plus facile et de l'absence de dégagement gazeux délétère.

De l'action biologique de la lumière.

La puissance de la lumière est considérable et embrasse les trois règnes de la nature : la physique, la chimie revendiquent ses rapports avec les minéraux ; c'est à la physiologie et à la médecine qu'il appartient de déterminer ses effets sur les êtres vivants.

Mais dans ce domaine, les recherches deviennent fort difficiles, étant donnée la complexité de la matière vivante, et c'est pourquoi la photobiologie est si peu avancée. Sans doute le phénomène de la vision a été admirablement étudié (quoique cependant de nouvelles recherches de physiologie générale et comparée soient encore nécessaires), mais que savons-nous, dans l'état actuel de la science, de l'influence complexe exercée par les diverses sortes de radiations sur les grandes fonctions de l'organisme, telles que

l'assimilation et la désassimilation, la respiration, l'hématopoïèse? Problèmes du plus haut intérêt qui attendent leur solution définitive.

Toutefois, les données positives déjà acquises en dermatologie, permettent d'édifier sur une base solide les applications de la lumière à la thérapeutique cutanée.

Nous commencerons par exposer les réactions provoquées par l'excitation lumineuse sur les organismes les plus élémentaires, dont la simplicité relative se prête à une observation plus facile. Elle servira d'acheminement graduel vers l'étude photobiologique des êtres d'une organisation plus élevée.

CHAPITRE II

Action de la lumière sur les formes élémentaires de la vie.

Action sur les zymases (1). — La plupart des phénomènes physiologiques étant en dernière analyse réductibles à l'activité des zymases ou ferments solubles (se rapprochant des nucléo-albuminoïdes), état le plus simple de la matière vivante ou bioprotéon (Raphaël Dubois), ou simple substratum organisé et non individualité vivante (Gauthier) (2), il convient d'indiquer tout d'abord l'action exercée par la lumière sur ces agents élémentaires.

Si l'on expose au soleil une macération filtrée de levure de bière, on constate que l'effet de l'insolation annihile son activité (Downe et Blunt). Pour la sucrase, il suffit même que l'eau et le vase qui renfermera la dissolution de sucrase, aient été préalablement insolés pour que l'activité zymasique soit diminuée : il se fait une sorte d'emmagasinement de l'action solaire qui persiste plus de vingt-quatre heures (Duclaux). Dans le vide, la lumière n'altère point la sucrase, ni le poison de la diphtérie ; il y a donc action de l'oxygène. L'amylase de la salive, celle des végétaux sont altérées aussi par les rayons lumineux. D'après

1. *Traité de Physique biologique*, t. II. Raphaël Dubois.
2. Gauthier. *Chimie biologique*, p. 727.

Green, l'albumine et la chlorophylle protègent l'amylase, et la plus forte nocivité appartient aux radiations chimiques.

Action sur un plastide. — Phototaxie positive et phototaxie négative.

Passons maintenant à l'irritation produite par la lumière sur une masse protoplasmique, par exemple un plastide, protozoaire des plus simples.

Considérons, comme le fait Le Dantec (1) un faisceau de rayons lumineux, parallèles et de faible intensité, tombant sur un plastide dans l'eau. L'énergie apportée par le faisceau lumineux exerce sur les réactions possibles entre le plastide et le milieu ambiant une influence plus active dans la région du plastide frappée par la lumière, car dans la région opposée l'intensité lumineuse est plus faible par suite de l'absorption partielle des radiations pour le protoplasma. Ces deux régions, séparées par la ligne de contact du cylindre circonscrit parallèlement au faisceau incident sont donc le siège d'une inégale activité. Il en résulte une modification d'équilibre au contact du corps et du milieu, se traduisant par une action directrice en rapport avec la direction des radiations incidentes.

L'analyse mathématique permettrait de prévoir les phénomènes d'orientation, de direction, pour un corps de forme quelconque.

De nombreuses expériences portant sur des plastides végétaux, diatomées, desmidiées, zoospores d'algues, bactéries, et sur les infusoires flagellates, tous êtres vivants sur lesquels l'action de la lumière est

1. Le Dantec. *La matière vivante.*

vigoureuse, ont mis en évidence cette action excito-motrice sur le protoplasma.

On constate ainsi que le sens du mouvement peut changer, certaines espèces étant attirées par une radiation lumineuse (phototaxie positive), tandis que d'autres sont repoussées (phototaxie négative).

Par contre, la lumière n'influence nullement les mouvements de certains plastides (beaucoup de rhizopodes et de ciliés) qui ne sont donc pas phototactiques, ce qui peut tenir à la trop faible intensité de la lumière employée, facteur qui doit être pris en considération (1).

Aussi les plasmodes des *myxomycètes* sont positifs (étalement protoplasmique et attraction), indifférents, ou négatifs (répulsion et rétraction avec formation de granules protoplasmiques) suivant que la lumière est de faible, moyenne ou forte intensité.

Comme exemples de phototaxisme positif, citons : l'action sur les bactéries pourprées qui sont attirées dans les zones que l'on éclaire ; l'action sur les *clostériées*, algues unicellulaires effilées qui d'abord sont orientées, puis exécutant un mouvement de pirouette deviennent le siège d'un véritable phénomène de polarité alterne ; l'action sur le *pleuronima chrysalis*, infusoire cilié, qui après une seconde (stade d'induction latente, commune à tout excitant physiologique) se met à sauter impétueusement, (s'il y a plusieurs de ces petits protistes, on les voit sauter pêle et mêle, comme une troupe de puces irritées, jusqu'à ce qu'ils se soient mis de nouveau à l'ombre (Verworn); l'action sur les *Vaucheria* algues pluricellulaires dont les grains de protoplasma, chargés de

1. Leredde et Pautrier– *Photothérapie et photobiologie.*

chlorophylle, se disposent en deux bandes perpendiculaires au rayon incident.

Comme phototaxisme négatif, citons celui du *Pelomyxa palustris* (1), rhizopode analogue à une amibe, vivant au fond des mares, se déplaçant par mouvements amiboïdes, et qui, sous l'action d'un éclairage brusque, subit une rétraction immédiate et devient globuleux.

Indépendamment de son pouvoir execto-moteur, la lumière est encore capable de modifier, d'une manière durable, la forme et même les propriétés les plus importantes des protoplasmas. Ainsi Laurent (2) expérimentant sur deux *hyphomycètes,* le *Démalium pullulans* et le *Cladosporium herborum* fit dériver le premier du second en cultivant dans du moût de bière exposé au soleil, des spores du *Cladosporium* et les transportant quelques jours après dans un nouveau moût de bière où elles évoluèrent suivant la forme *Démalium* qui peut vivre en anaérobie. De même le *Bactérium photométricum*, étudié par Engelmann, devient alternativement anaérobie ou aérobie suivant que l'éclairement est très faible ou plus intense.

Il est à remarquer que les diverses radiations du spectre n'ont pas une part égale dans la production de la série de phénomènes que nous venons de signaler. Ainsi les radiations violettes provoquent activement le mouvement et les vibrations ciliaires des cellules à cils vibratiles de l'œsophage de la grenouille, tandis que les rayons rouges les suspendent (Uskow) (3).

1. Engelmann. Pflugers. *Archiv.*, vol. XIX.
2. Laurent. *Annales de l'Institut. Pasteur,* 1888.
3. Uskow, *Centralblatt fur die Med., Wissensch,* 1879,25.

De même, les rayons bleus, indigos, violets et ultra-violets sont seuls à agir phototactiquement sur les algues, leurs zoospores, le protoplasma des Vaucheria ou des Mésocarpus (Strassburger, Miquel).

Ces différentes actions de la lumière montrent le rôle important que joue dans la physiologie des organismes élémentaires, cette puissance rayonnante qui peut aller jusqu'à bouleverser complétement les conditions d'existence en rendant un être aérobie ou anaérobie.

Action de la lumière sur les bactéries. — La lumière possède une puissance bactéricide qui est de la plus haute importance en thérapeutique et en hygiène.

Downes et Blunt (1) qui les premiers ont signalé ce pouvoir antiseptique, si bienfaisant au point de vue de la salubrité, soumettaient à l'action du soleil des cultures microbiennes virulentes contenues, les unes dans des tubes recouverts d'une gaîne de plomb, les autres dans de simples tubes de verre ; portant ensuite ces tubes dans l'étuve, ils remarquaient la multiplication rapide des microbes dans les tubes transparents, et la stérélité des tubes protégés par leur enveloppe métallique.

Duclaux (2) en 1887 expérimentant avec plus de rigueur scientifique sur un bacille du lait : la *tyrothrix scaber*, et un *streptocoque pyogène* formula les conclusions suivantes :

« 1° Le degré de résistance au soleil des spores de divers bacilles est variable avec l'espèce du bacille et, pour un même bacille, avec la nature du liquide dans lequel il a été cultivé.

« 2° Ce n'est qu'au bout d'un mois d'exposition au soleil que

1. Downes et Blunt. *Proceedings of the Royal Society of London* 1877.

2. Duclaux. *Annales de l'Institut. Pasteur*, 1887.

ces spores conservées à sec dans un ballon de verre, commencent à devenir incapables de se développer dans un milieu approprié.

« 3° Les coccus chez lesquels on ne connaît pas de spores sont plus rapidement tués que les spores de bacilles.

« 4° Ces coccus sont moins résistants insolés à l'état sec, que lorsqu'ils sont contenus dans un liquide de culture.

« 5° La mort de tous les microbes est d'autant plus rapide que l'insolation est plus forte et beaucoup plus prompte, même sous un soleil faible, qu'à l'obscurité ou à la lumière diffuse ».

Si l'on prend, comme l'ont fait Arloing et Roux (1), des cultures de bactéridie charbonneuse, on trouve que la vie se prolonge plus d'un an à l'obscurité, tandis qu'elle s'éteint en quelques heures en plein soleil. Il est à remarquer que l'oxygène de l'air est un adjuvant précieux de l'action de la lumière.

Janowski a constaté que la lumière solaire directe tue le bacille typhique en six ou dix heures, que la lumière diffuse agit plus lentement, que la lumière filtrée à travers une solution de bichromate de potasse (substance qui arrête les rayons chimiques) n'exerce aucune influence défavorable sur ce micro-organisme.

Geissler, étudiant comparativement l'action de la lumière électrique et celle du soleil, conclut ainsi:

« 1° Il n'y a pas de différence qualitative entre la lumière solaire et la lumière électrique ;

« 2° Toutes les radiations des spectres solaires et électriques (exception faite pour les radiations rouges) ralentissent le développement du bacille typhique, et cette influence est d'autant plus forte que l'indice de réfraction des radiations correspondantes est plus grand ou la longueur d'onde plus petite.

D'Arsonval et Charrin (2) dans leurs expériences sur le bacille pyocyanique observèrent d'abord que

1. Arloing, C. R. 1885, t. C. p. 378, t. CI, p. 501. Roux, *Annales de l'Institut. Pasteur*, 1887.

2. D'Arsonval et Charrin. « Influence des agents atmosphériques, en particulier de la lumière et du froid sur le bacille

la lumière blanche diminue son pouvoir chromogène ; exposant ensuite aux rayons violets et ultra-violets d'une part, aux rayons rouges et calorifiques d'autre part, respectivement deux cultures de ce bacille, ils purent remarquer que dans le premier cas, une goutte de culture reportée sur agar à 35° restait stérile, tandis que dans le second cas, il se formait des pigments.

Les deux expérimentations conclurent que « la différence d'action entre la partie chimique et la partie calorifique du spectre est aussi profonde que possible et que la seule vraiment active est la partie actinique, à partir du bleu et jusque et y compris l'ultra-violet ».

Cette constatation avait déjà été faite par Bang, qui, par l'emploi de l'arc au fer, dont la lumière est surtout chimique, obtint en effet bactéricide si intense, qu'il tuait en quatre secondes le staphylocoque doré, tandis qu'il fallait quatre minutes et demie avec un arc électrique ordinaire.

A. Chatin et S. Nicolau (1) reprenant cette question, ont cherché à comparer le pouvoir bactéricide de l'arc électrique à alliage (charbons de Broca) et l'arc ordinaire, deux sources de lumière inégalement riches en radiations de courte longueur d'onde. Voici leur technique et les résultats obtenus :

« A la surface de l'agar-agar, étendu dans des plaques de Pétri, nous avons, disent-ils, ensemencé en couche mince, avec le bout d'une baguette en verre, stérilisée, des cultures fraîches (datant de 48 heures) de différents microbes. Les ensemencements ont été faits en stries parallèles qui s'entre-

pyocyanique » *C.-R. Acad. des sciences*, 1894, et Semaine médicale, 1894.

1. *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, janv. 1903.

croisaient dans deux sens différents, de manière à décrire à la surface du milieu un quadrillage régulier.

« Les plaques ainsi ensemencées ont été exposées directement (sans couvercle) à 12 centimètres de distance du foyer lumineux de la lampe à arc de l'appareil photothérapique Broca-Chatin (décrit plus loin) ; arc alimenté par un courant de 18 ampères sous 30 volts.

« Les faisceaux lumineux traversaient l'orifice d'un diaphragme métallique de 3 centimètres de diamètre, aussi l'action des radiations ne s'exerçait que sur une partie déterminée de la plaque, le reste de la surface ensemencée, maintenu dans l'ombre, était soustrait à l'action des rayons et servait de témoin.

Charbons métalliques de Broca. *Staphylocoque doré.* — Après une exposition de 12 secondes, les plaques restent absolument stériles dans toute la zone soumise à la lumière. En dehors de cette zone, c'est-à-dire à la périphérie de la plaque, le développement de la culture est tout à fait normal

« *B. pyocyaneus.* — Se comporte de façon identique.

« *B. diphtérie.* — Les plaques restent stériles après une exposition de 15 secondes ; après 12 secondes, il se développe quelques rares colonies, rondes, isolées, bien que l'ensemencement ait été fait en lignes sans solution de continuité.

« B. coli communis. Les plaques ne sont complétement stérilisées qu'après une exposition de 25 secondes.

« B. tuberculose. Des bacilles tuberculeux, provenant d'une culture en bouillon glycériné, ont été stérilisés après une exposition de 25 secondes.

« B. anthracis, provenant d'une culture très sporulée, ensemencée dans les mêmes conditions que les microbes précédents, ne restent stériles qu'après une exposition d'une minute.

« Charbons ordinaires. Même technique générale.

« *Staphylocoque doré.* — Les plaques ne sont stérilisées qu'après 4 minutes d'exposition.

B. pyocyaneus après 5 minutes. *B. diphtérie*, après 4 minutes. *B. coli communis*, après 5 minutes. *B. tuberculose* après 3 minutes et demie. *B. anthracis* à culture sporulée, après 4 minutes et demie.

« Il est à remarquer que les résultats mentionnés ci-dessus ne se rapportent qu'à l'action des rayons en surface et sur des ensemencements faits en couche mince.

« L'action en profondeur, pour les temps mentionnés et pour les deux arcs, est nulle, fait déjà observé par Drossbach, car si, au milieu de la plaque, en même temps que l'ensemencement en surface, on fait un ensemencement par piqûre dans

les couches profondes du milieu, les microbes se développent dans la profondeur, tandis que la surface reste stérile.

« Dans le même ordre d'idées, nous avons essayé de voir l'action des rayons sur une couche microbienne d'une certaine épaisseur ; des cultures sur plaques de bacilles coli datant de deux jours, ayant une épaisseur moyenne de 2 millimètres, n'ont été stérilisées par aucun des arcs après une exposition de 10 minutes ; après un quart d'heure, le réensemencement donnait seulement quelques colonies discrètes, il y avait bien eu action empêchante mais faible.

« Le verre arrête l'action des radiations de courte longueur d'onde ; une culture sur plaque de coli communis exposée pendant un quart d'heure aux rayons à travers le verre du couvercle de la boîte de Pétri, n'a nullement été influencée dans sa vitalité ; réensemencés dans des tubes d'agar, les microbes ont poussé normalement.

« Les rayons chimiques produisent, de plus, un phénomène *agglutination ;* en examinant sous l'objectif du microscope les modifications que la lumière imprime aux microbes mobiles (nous avons choisi le coli), on voit que, après quelques secondes, leurs mouvements se ralentissent, ils s'agglutinent en petits groupes, puis, après 15 secondes, les mouvements s'arrêtent complétement. Il n'y a pas *bactériolyse* et leur affinité pour les couleurs d'aniline persiste.

« Les résultats que nous avons obtenus ne peuvent être attribués à l'action de la chaleur pour les raisons suivantes qui nous paraissent péremptoires :

« 1° L'action bactéricide s'est montrée beaucoup plus considérable avec les charbons au fer qui ne dégagent pas de chaleur qu'avec les charbons ordinaires plus riches en radiations calorifiques ;

« 2° La distance à laquelle nous avons exposé nos cultures est identiquement celle à laquelle sont placés les malades atteints de lupus traités par la lumière ; or, à cette distance, ils ne ressentent aucune sensation de brûlure ; de plus, l'agar qui est très fusible, ne fond pas ;

« 3° La courte durée de l'exposition exclue également l'action de la chaleur qui n'aurait pas le temps d'agir pendant si peu d'instants;

« 4° Enfin, la preuve décisive est tirée de la manière dont se sont comportés les bacilles sporulés, dont les spores résistent à des températures très élevées ; or, ils ont été stérilisés (avec de très légères différences) comme les microbes ordinaires non sporulés. Comme conclusion à cette série d'expériences, nous sommes donc en droit d'admettre :

« 1° Que la lumière naturelle (soleil) et artificielle (arcs électriques de différentes espèces) agit sur les bactéries et sur leurs spores pour en ralentir le développement.

« 2° Que c'est aux rayons actiniques (bleus, violets, ultra-violets) qu'elle doit ses propriétés. »

On peut ajouter, comme l'expérience l'a démontré, qu'il n'est pas d'espèce bactérienne capable de résister à la puissance bactéricide d'une lumière assez intense et agissant assez longtemps.

Nature de cette action (1). — Les rayons chimiques n'agissent ordinairement qu'en déterminant des réactions chimiques qui consistent le plus souvent en phénomènes d'oxydation, actuellement mal connus, étant donné le peu que nous savons de la chimie du protoplasma. Toutefois, l'oxygène de l'air semble jouer le rôle principal dans ces oxydations.

Mais pendant que la lumière agit surtout sur la bactérie, elle agit aussi sur son milieu nutritif et y détermine la formation d'eau oxygénée, douée d'un grand pouvoir antiseptique (2). Remarquons encore, avec Duclaux, que les toxines, souvent plus redoutables que les microbes eux-mêmes, sont des substances oxydables craignant l'air et la lumière.

Ainsi, l'action bactéricide de la lumière paraît se ramener à des phénomènes d'oxydation : oxydation au sein du protoplasma, suroxydation du milieu de culture.

Foveau de Courmelles fait intervenir une action

1. Leredde et Pautrier, *loc. cit.*

2. Avec une solution étendue de sulfate de fer et d'empois d'amidon frais, réactif très sensible qui passe au bleu intense en présence de l'eau oxygénée, Dieudonné a pu reconnaître l'existence de ce corps dans une plaque de gélose insolée 10 minutes. Les rayons chimiques étaient seuls capables de provoquer la formation de ce produit.

électrolytique : en traitant photothérapiquement à distance des malades dans la peau desquels il enfonçait des aiguilles en platine, il a pu constater, à diverses reprises, un faible courant au galvanomètre à miroir ; or, Smirnow opérant l'électrolyse dans un tube en U constata une action bactéricide à l'anode, et l'innocuité à l'inoculation des liquides diphtériques ainsi traités.

Action antiseptique journalière de la lumière et de l'air. — Les résultats de toutes ces recherches offrent le plus grand intérêt pratique en raison du rôle important que jouent l'air et la lumière dans l'assainissement et la désinfection. Ces deux agents sont en effet de puissants microbicides stérilisant les milieux pathogènes et tuant tous les jours, par millions, les germes morbifiques répandus dans l'atmosphère ou à la surface du sol, ou même immergés dans l'eau des lacs et des fleuves.

Disons donc, avec Duclaux « que la lumière solaire est l'agent d'assainissement à la fois le plus universel, le plus économique et le plus actif auquel puisse avoir recours l'hygiène privée ou publique ».

CHAPITRE III

Action de la lumière sur les végétaux.

Cette action s'exerce sur chacun des actes de la vie végétale, la respiration, l'assimilation, l'accroissement.

Privées de lumière, ou ne recevant que des radiations infra-rouges, les plantes ne tardent pas à s'étioler ; elles continuent bien à vivre quelque temps, mais c'est en consommant leurs réserves nutritives (diminution de poids), dont l'épuisement aboutit à la mort.

Assimilation chlorophyllienne. — Le phénomène essentiel, primordial, de la physiologie végétale : la décomposition de l'acide carbonique de l'air, le dégagement de son oxigène, l'absorption de son carbone, exige, pour s'accomplir, la présence dans la plante de substances colorées : phycocyanine, phycoerythrine, bactério-purpurine de certaines algues, et surtout chlorophylle des végétaux verts.

Mais cette matière chromophylle, sauf de très rares exceptions, ne se développe que sous l'action de la lumière solaire ou des radiations artificielles assez intenses. Elle est due, en effet, à l'emmagasinement de la force vive des rayons lumineux par la protophylline, substance qui cause la pâleur des plantes étiolées par l'obscurité (expériences de Timiriazeff) (1).

1. Timiriazeff. C. R. *Académie des Sc.*, t. CII, 1886.

A cet élément organisé, au protoplasma chlorophyllien est dévolu le rôle assimilateur par excellence, la fixation, l'organisation du carbone de l'anhydride carbonique aérien, source principale de la nutrition des plantes. Mais comme cette asimilation du carbone est endothermique, il faut, pour sa production, le concours d'une énergie étrangère, laquelle résulte de l'absorption des radiations lumineuses par les chloroleucites.

C'est ainsi que se sont formées à l'époque houillère, au sein d'une atmosphère de vapeur d'eau et d'acide carbonique (1), ces masses énormes de carbone végétal, enfouies plus tard dans les entrailles du sol (houille) par les pertubations du globe. Notre industrie moderne y trouve en réserve, pour alimenter ses puissants moteurs, la force vive qu'une végétation luxuriante déroba aux radiations solaires, il y a des milliers d'années.

Economie vraiment admirable ! L'énergie potentielle ainsi emmagasinée, en quantité presque infinie, à un âge géologique où l'homme ne pouvait l'utiliser, obéit à la provocation d'une simple étincelle, pour se restituer, en temps opportun, sous forme de chaleur, de lumière, d'électricité, de travail mécanique (2).

1. L'expérience montre que la décomposition de CO^2 croît avec la proportion de ce gaz jusqu'à une certaine valeur optima qui est d'environ 10/100.

2. Il y a plus : La nourriture des animaux, directement végétale pour les herbivores, indirectement pour les carnivores, à mesure qu'elle est brûlée dans l'organisme, repasse à l'état de CO^2 et de vapeur d'eau qui se répandent de nouveau dans l'atmosphère, et de matières azotées qui se disséminent dans le sol, pendant que la force vive fournie par le soleil pour la formation de cette matière alimentaire végétale, est restituée par les animaux sous forme de chaleur. Ainsi, dans la nature vivante, s'ac-

Il ne faudrait pas confondre la fonction chlorophyllienne, qui exige pour s'accomplir l'influence de la lumière, avec le phénomène de la respiration qui est l'inverse du précédent: exhalaison de CO_2 et absorption d'O, et se produit dans l'obscurité comme en présence de la lumière. Il y a encore le dégagement de vapeur d'eau (transpiration de la plante) qui — non réductible à une simple évaporation puisqu'il s'opère même dans une atmosphère saturée d'humidité — devient plus intense par l'action de la lumière, surtout rouge ou jaune.

Le carbone, une fois absorbé, subit des métamorphoses dans des conditions qui confirment le rôle nécessaire des radiations lumineuses pour la vie cellulaire des végétaux. La synthèse chlorophyllienne commence par la formation de substances réductrices transitoires, à fonction aldéhydique (probablement d'aldéhyde formique H- COH), dont la toxicité exige la rapide transformation ; et le premier terme de ces polymérisations serait l'amidon qui, le

complissent trois fonctions correspondantes et inverses qui se contrebalancent: les végétaux purifient l'air, tandis que les animaux le vicient ; les premiers composent des substances organiques complexes que les seconds détruisent en s'en nourrissant ; ceux-là accumulent de l'énergie solaire, que ceux-ci libèrent sous forme de chaleur obscure, ou de travail équivalent, comme le fait également la combustion artificielle des végétaux. Le soulèvement des eaux par l'évaporation, les courants atmosphériques par l'inégalité de température sont encore l'œuvre du soleil, et par conséquent les cours d'eau et les vents qui en résultent ; de telle sorte que l'homme, en s'adressant à ces forces naturelles, à la vapeur, aux animaux ou à lui-même, ne fait qu'utiliser la force vive des radiations solaires déposée dans les végétaux. Le soleil, dont la terre s'est détachée avec les autres planètes, est donc, par toutes ces régénérations et métamorphoses cycliques, la source de toute énergie, de toute vie, de toute fécondité à la surface de notre globe.

jour apparaît dans les chloroleucites pour disparaître la nuit ou à l'obscurité, en partie brûlé dans l'acte de la respiration, en partie transformé en un sucre destiné au protoplasma de la cellule. Cet amidon, ainsi disparu, peut cependant se reformer à l'abri de la lumière, mais alors la plante doit vivre parasitairement aux dépens d'une solution de glucose, de lévulose ou de sucre de canne (1).

Quant aux radiations qui ont le plus d'activité pour l'exercice de la fonction chlorophyllienne, l'expérience montre qu'elles appartiennent aux zones rouge, orangée et violette du spectre ; le maximum d'effet correspond à la région située entre les raies B et C de Frauenhaufer, (Timariazeff) (2) c'est-à-dire aux bandes d'absorption de la chlorophylle. Les radiations absorbées par cette substance sont donc les plus efficaces pour l'accomplissement de sa fonction, de telle sorte qu'il y aurait un rapport constant entre l'énergie absorbée et le travail produit mesuré par la quantité de CO^2 décomposé. La chlorophylle serait ainsi spécialement adaptée à l'absorption des radiations les plus utiles.

La lumière chimique joue un rôle prépondérant dans la synthèse des matières azotées de la plante : dans les feuilles vertes soumises à son influence, il y a, en même temps que formation d'hydrates de carbonne, composés ternaires $C^m (H^2O)^n$, production de matières albuminoïdes, composés quaternaires ; mais on ne connaît pas encore le mécanisme de cette synthèse.

En dehors de la production d'énergie assimilatrice, les radiations lumineuses ont encore une action

1. Leredde et Pautrier, *loc, cit.*
2. Timiriazeff. *Annales de chimie et physique*, 1887.

mécanique qui influe sur la croissance des végétaux (*actinauxisme*) et sur leur structure.

Au point de vue de la *croissance*, la lumière exerce une influence retardante qui se fait sentir sur les divers organes de la plante : tige, feuilles, fleurs. La tige d'une graminée, par exemple, acquiert dans l'obscurité absolue, une longueur beaucoup plus considérable qu'en plein soleil, ce qui tient au développement exagéré des cellules déjà formées, et non à leur multiplication. Il ne s'agit donc pas de suractivité physiologique, mais d'un phénomène de dégénérescence, qui, en allongeant la plante, la rend grêle et sans résistance.

Au point de vue de la *structure*, si la lumière agit inéquilatéralement sur la plante, il y aura accroissement inégal. Il en résultera, suivant l'espèce, une inclinaison vers le côté le plus éclairé (héliotropisme positif) ou le moins éclairé (héliotropisme négatif), ou même un déplacement vers la source lumineuse si la plante est libre de se mouvoir. C'est ainsi que les *Oxillaria*, algues de la famille des Desmidiées, se mettent en mouvement vers la lumière lorsqu'on éclaire fortement l'une des faces (Van Tieghen).

De même l'hélianthe suit la marche du soleil pendant le jour, tandis que la nuit, elle reste verticalement immobile.

Si on examine microscopiquement les effets de l'héliotropisme, on observe des déplacements intracellulaires : courants protoplasmiques, phototaxie des grains de chlorophylle qui sont attirés dans la partie qui reçoit la plus forte intensité lumineuse.

Les déformations produites par un éclairement unilatéral, chez les organes en voie de croissance, ont lieu par un mécanisme analogue à celui des

courbures géotropiques. Elles sont toutes la conséquence d'une excitation perçue par la région sensible de l'organe, excitation qui se propage dans les tissus voisins avec une assez faible vitesse (2 centimètres par seconde chez les *Brodiæa congesta*) et y détermine, s'ils sont excitables, des modifications de croissance. L'apparition des déformations a donc nécessairement lieu après la perception de l'excitation et au bout d'un temps dont la durée dépend à la fois de la vitesse de propagation de l'excitation et de la distance qui sépare la région sensible de la région excitable. Ces déformations, dont le mécanisme intime nous échappe, ont pour but d'orienter la plante dans la situation la plus favorable à l'utilisation des radiations (1).

C'est encore par un phénomène de phototropisme que les feuilles de la capucine, de la vigne vierge s'infléchissent vers une source artificielle qui les éclaire.

C'est également à la lumière qu'il faut rapporter les mouvements nyctitropiques des feuilles de certaines plantes, principalement des légumineuses, des *oxalidées* (haricot, lupin, glycine, oxalis, sensitive surtout), ainsi que des sépales ou pétales de certaines fleurs (tulipe, anémone) : ces feuilles se déploient à la lumière (état de veille), se reploient à l'obscurité (état de sommeil). Seules les radiations bleues et violettes déterminent le phénomène d'épanouissement, les rouges se comportant comme l'obscurité.

Le phénomène de reploiement (2), en diminuant

1. *Traité de physique biologique*. Tome II. L. Mangin.
2. L. Mangin. *Loc. cit.*

la surface de rayonnement, a pour but de préserver la plante contre un refroidissement trop considérable. Ces mouvements ont lieu par les modifications de turgescence du renflement moteur localisé à la base du pétiole des feuilles. On peut les expliquer ainsi : au moment du passage à l'obscurité, la chloro-vaporisation (sur laquelle influe la lumière) est annulée, et l'eau qui afflue dans le pétiole s'accumule surtout dans le renflement moteur à cause de la grande quantité de sucre qui s'y trouve ; mais le sucre étant consommé pendant la nuit, sa proportion diminue et devient minima le matin, au moment où, par le rétablissement de la chloro-vaporisation, l'eau est aspirée dans les tissus pour s'évaporer en abondance. C'est alors que le renflement moteur devient flasque et mou, et la feuille reprend sa position diurne.

Les anesthésiques, éther, chloroforme, l'accumulation de ICO , la raréfaction de l'air suppriment les mouvements nyctitropiques.

L'action prolongée de la lumière est encore plus étendue. Elle détermine des phénomènes morphologiques d'adaptation aboutissant à la meilleure utilisation de la radiation, et influe sur les organes reproducteurs, sur les phénomènes de germination.

En résumé, on peut dire que la lumière exerce sur les plantes une action bienfaisante qui accroît leur activité vitale, mais il faut remarquer, comme nous le dirons à propos de la réaction de l'organisme animal, qu'un excès d'insolation devient nuisible, et peut, en particulier, réduire ou supprimer certaines sécrétions. Cest ainsi que les quinquinas importés en France ne secrétèrent leur quinine, quoique parfaitement développés, que lorsqu'on

s'avisa de protéger leur écorce contre le soleil. Cette condition est réalisée dans leur pays d'origine, par la mousse qui couvre ces arbres et absorbe les radiations chimiques.

CHAPITRE IV

Action de la lumière sur les animaux.

Cette action est indiscutable, mais son étude présente des difficultés spéciales. Elles tiennent à la complexité de l'organisme animal, et surtout à l'existence d'un système nerveux, dont le rôle étant précisément de coordonner, d'harmoniser, de commander le jeu des différents organes, constitue un obstacle presque insurmontable à l'analyse des effets de l'agent lumineux sur chacun des actes de la vie animale.

Action sur le développement des animaux. — Comme les plantes, les animaux présentent une différence d'aspect suivant que leur vie est diurne ou nocturne.

Béclard (1), faisant le premier en 1858, des expériences sur les animaux, au point de vue de l'influence des radiations de longueurs d'ondes différentes, plaça, dans des cloches de couleurs diverses, des œufs de mouche (musca carnaria). Il constata, au bout de cinq jours, que les vers issus de ces œufs, s'étaient mieux développés dans les cloches violettes et bleues que dans la cloche verte, couleur la moins favorable.

1. Béclard. Comptes-rendus de l'Académie des sciences, 1859.

Yung (1) expérimentant sur des œufs de grenouille, puis sur des œufs de poisson (lotigo, vulgaris, sépia), remarqua également que l'action des différentes radiations sur le développement de l'embryon, maxima pour les violettes, décroissait jusqu'au vert où elle est minima.

Reprenant cette question, Leredde et Pautrier (2) en 1901, se sont adressés aux têtards de rana temporaria, pêchés le même jour et d'égal développement, dont ils firent trois lots : ils placèrent le premier lot dans un aquarium en verre rouge de photographe, coloré au protoxyde de cuivre, le second dans un aquarium en verre bleu, coloré au bleu de cobalt et le troisième dans un aquarium en verre blanc. Le résultat fut que, au bout d'un mois, les têtards élevés dans les lumières rouge et blanche étaient tous encore à l'état de têtards, presque analogues à des poissons, avec leur membrane candale et leur respiration branchiale ; tandis que ceux élevés en bleu-violet avaient perdu leur membrane candale et étaient déjà complétement adaptés à la vie terrestre comme de véritables grenouilles : pattes pour la locomotion, poumon pour la respiration aérienne.

Ce résultat remarquable ne pouvait tenir qu'à l'activité beaucoup plus considérable de la division cellulaire sous l'action des rayons actiniques.

Le *trito cristatus*, têtard d'un batracien urodèle, à était cet égard, un sujet excellent pour l'étude histologique des éléments jeunes : cellules conjonctives,

1. Yung. « De l'influence des différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux ». *Archives de Zoologie expérimentale*, 1878.
2. Leredde et Pautrier. Comptes-rendus de la société de biologie, t. LIII, 1901, n° 41.

capillaires en formation, cellules épithéliales en karyokinèse.

Elevant alors pendant trois semaines, dans leurs aquariums en verre bleu et rouge, des larves de triton, puis scarifiant et colorant à l'hémateine-éosine leurs membranes candales, les deux expérimentateurs comptèrent : pour les tritons élevés en lumière bleue 4154 cellules épidermiques avec 52 figures de division cellulaire, soit 1/79 de cellules en karyokinèse ; pour les tritons élevés en verre rouge, 2613 cellules épidermiques dont 14 en karyokinèse, soit 1/186.

La conclusion qui se dégage de ces remarquables expériences, « c'est que la lumière exerce une influence incontestable sur le développement des êtres et que, parmi les différentes radiations, ce sont les violettes qui se montrent les plus efficaces pour l'activité des phénomènes de karyokinèse » (Leredde et Pautrier).

Mouvements provoqués par la lumière ou photomotricité. — La lumière est encore un agent d'excitabilité (Finsen) capable de provoquer des mouvements qui correspondent aux phénomènes phototactiques observés chez les êtres unicellulaires.

Son action, à ce point de vue, varie également avec les différentes radiations. Elle a été étudiée chez certains êtres inférieurs dont le système nerveux est réduit à un état rudimentaire.

Gruber (1) en 1882, prenant des animaux privés

1. Gruber. *Wiener Sitzungsberichte mathem. natur* classe 1883 Bd 87. Il est juste de rappeler que déjà, en 1847, Brown-Séquard, par ses recherches sur l'action de la lumière sur l'iris dans les cinq classes de vertébrés, avait eu le mérite de donner une des preuves les plus éclatantes de l'action excitante de l'agent lumineux. Comm. à l'Acad. Sc. en 1847, vol. XXV.

d'yeux pour supprimer les mouvements réflexes de la vision, démontra que les lombrics entiers ou décapités, les salamandres aveugles présentaient une certaine sensibilité cutanée, une irritabilité photodermique qui leur permettait de distinguer la lumière de l'obscurité et même les couleurs : ils fuyaient le blanc, le bleu ou l'indigo, pour rechercher les rayons rouges. Dubois (1) fit les mêmes constatations chez le protée.

La *Pholade dactyle* (2), mollusque lamellibranche, sans organes visuels différenciés, au moins encore connus, présente à un très haut degré de sensibilité ce phénomène de la vision dermatoptique.

En enregistrant, à l'aide d'un dispositif spécial, la rétraction myodermique produite par excitation directe de la lumière, et la rétraction réflexe totale du siphon, on constate, à l'examen des courbes graphiques obtenues, que cet animal distingue et apprécie avec une grande précision, les faibles clartés, l'intensité, la durée, la direction de la lumière, les couleurs, même les nuances (3).

1. Dubois. C. R. Soc. biologie, 1890.

2. Raphaël Dubois, *Traité de physique biologique*, tome II.

3. Il résulte de ces belles expériences, que la notion d'intensité est fonction pour un même individu de l'amplitude du mouvement du système avertisseur ou couche myodermique (mouvement exécuté dans notre œil par les cônes et les bâtonnets, segments myoépithéliaux, qui, par l'amplitude de leur racourcissement) nous renseignent sur l'intensité lumineuse et que la sensation de couleur est déterminée surtout par la rapidité de ce mouvement — de même que dans l'audition, la hauteur d'un son est fonction de la rapidité des vibrations sonores et son intensité de l'amplitude de celles-ci. La vision se trouve donc réduite à un phénomène tactile, les trémulations des fibres musculaires dermiques ébranlant les nerfs conducteurs et les éléments nerveux récepteurs, les faisant vibrer d'une manière spéciale avec chaque radiation lumineuse simple (Raphaël Dubois).

Finsen, de son côté (1), poursuivant cette étude de la photomotricité, a entrepris une série d'expériences remarquables par leur rigueur scientifique. Utilisant tour à tour la lumière solaire et les lumières monochromatiques, il observa chez les fœtus de la grenouille et de la salamandre, la provocation de mouvements qui furent très nombreux avec les radiations bleues, très rares au contraire avec les radiations rouges, jaunes ou vertes. Des têtards élevés en lumière rouge exécutèrent de rapides mouvements sous l'action de la lumière solaire, tandis que d'autres, élevés en lumière bleue, n'éprouvèrent aucune excitation, ce qui montre qu'il y avait accoutumance pour ces derniers.

S'adressant ensuite à des animaux vivant dans l'obscurité ou à l'ombre : lombrics, perce-oreilles, cloportes, caraïbes, qu'il disséminait dans des boîtes oblongues, recouvertes d'une série de verres colorés, Finsen vit ces animaux, photophobes, se réfugier tous sous la lumière rouge pour échapper aux rayons chimiques violets et bleus. L'action de ces derniers était trop excitante pour la sensibilité particulière de ces êtres à la lumière. Au contraire, les animaux vivant en plein soleil, tels que les papillons, recherchent de préférence l'influence motrice des radiations chimiques. C'est ce que montre une autre expérience de Finsen, dans laquelle il put voir ces insectes se réunir sous les rayons bleus et s'y agiter, alors qu'ils gardaient le repos dans la zone rouge.

Tous ces résultats mettent nettement en évidence l'activité biologique considérable de l'agent lumineux.

1. Finsen. *La photothérapie*, 1899.

Il suffirait, d'ailleurs, pour s'en convaincre, de considérer le spectacle d'animation que présente la nature entière à l'apparition des rayons vivifiants du soleil. Mais l'effet produit sur les animaux est trop complexe pour qu'il soit possible d'en expliquer actuellement le mécanisme avec quelque certitude. Peut-être s'agit-il d'une excitation directe du protoplasma cellulaire, ou selon Finsen, d'une excitation du système nerveux par les radiations lumineuses, ou plutôt des deux actions à la fois ?

Des expériences fort curieuses montrent combien la question peut être complexe, la lumière pouvant agir sur d'autres éléments cellulaires et déterminer directement la contraction des fibres musculaires lisses. Dès 1859, Brown-Séquard (1), a eu le mérite de signaler dans l'iris excisé de l'œil de divers vertébrés à sang froid, particulièrement de l'anguille, des mouvements excités par la lumière, même au bout de plusieurs jours, alors que la rétine était en partie décomposée. Il n'est plus douteux aujourd'hui que les contractions provoquées par la lumière dans l'iris des amphibiens et des poissons aient pour siège exclusif les fibres musculaires lisses du sphincter de cet organe qui contient un pigment brun (Steinach) (2). Les faits suivants mettent bien en évidence la contraction du muscle irien, sans intervention du centre d'innervation : sur des bulbes oculaires de grenouille conservés à une température de 9 à 12° dans des chambres sombres et humides, après 14 jours, la contraction de l'iris par l'éclairage direct était encore observable, tandis que l'excitabilité des cel-

1. Brown-Séquard. *Journal de la physiologie de l'homme et des animaux.*
2. Steinach. *Pflügers Archives*, vol. LII, 1892.

lules ganglionnaires spinales et intestinales montrait que ces tissus nerveux restent capables de fonctionner trois ou quatre jours au plus. Des groupes de dix à quinze fibres musculaires isolées par l'effilochage et sur lesquelles on ne pouvait trouver aucun autre élément histologique, offraient la contraction à l'éclairement. L'excitabilité à la lumière directe existe encore après atropinisation, même à un moment où d'autres appareils nerveux ne réagissent plus (1).

Quelle que soit la nature de ces divers phénomènes, il n'en reste pas moins vrai que les radiations, surtout chimiques, dont l'action se retrouve si prononcée dans une longue série d'êtres différents, sont réellement des « promoteurs de vie et d'énergie » (Finsen).

Action de la lumière sur la peau des animaux. Pigmentation. — La lumière a une part des plus importantes dans la production du pigment. Il suffit d'abord de remarquer que les animaux à pelage tacheté ont toujours la face dorsale, c'est-à-dire la plus exposée aux rayons solaires, plus foncée que le reste du corps ; de même, dans les régions polaires, la robe de beaucoup d'animaux est foncée en été, claire en hiver (Finsen).

Si nous passons maintenant aux constatations expérimentales, nous trouvons des résultats intéressants dus aux recherches de Packard et de Viré (2) qui ont étudié la disparition et la régénération du pigment chez les animaux souterrains. Les *Gammarus puteanus* présentent à la lumière une couleur vert grisâtre bien nette et se décolorent complétement

1. Raphaël Dubois, *loc. cit.*

2. Viré. Thèse Paris 1900, et Comptes-rendus du XIII[e] congrès international de Paris, section d'Anatomie comparée.

après vingt mois de séjour dans les catacombes ; inversement, le *Niphargus puteanus*, autre espèce cavernicole, de couleur blanche, devient vert brun au bout de quelques mois d'exposition à la lumière.

D'après Bohn (1) il semblerait même que « dans bien des cas, la constitution moléculaire du pigment puisse être remaniée directement par les ondes lumineuses de diverses longueurs ». Le régime alimentaire, comme on le croyait, n'est pas, en effet, seul à régler la pigmentation si variée des chenilles, car des chrysalides élevées par Poulton dans des boîtes diversement colorées, en reproduisirent les teintes, réalisant ainsi, suivant l'expression de Giard, une véritable photographie des couleurs.

Cependant, selon la remarque de Bohn, il ne faudrait pas faire de la lumière l'agent unique de la pigmentation, car d'autres facteurs peuvent intervenir : conditions chimiques, influence de l'oxygène, des réducteurs, des acides, des bases, des intoxications.

Rôle protecteur du pigment. — Le caméléon nous offre un exemple remarquable du rôle de défense que joue le pigment contre l'action excitante de la lumière. Les chromatophores de l'animal, grosses cellules pigmentées, très mobilisables, situées dans l'épaisseur du tégument, en occupent, à l'obscurité, les couches profondes ; le reptile est alors de couleur grise ; mais fait-on agir une vive lumière, aussitôt les chromatophores se portent à la surface et donnent à la peau une couleur noirâtre. Cette hyperpigmentation est due à l'action des radiations bleues et violettes, le jaune et le rouge étant inactifs.

1. Bohn. *L'évolution du pigment.*

En effet, éclairant la moitié du corps avec un verre rouge et l'autre moitié avec un verre bleu, Paul Bert vit l'animal devenir aussitôt noirâtre sous le verre bleu, tandis qu'il resta longtemps blanchâtre sous le verre rouge.

Beaucoup d'autres animaux, en particulier quelques poissons, tel que le turbot (1) présentent un phénomène semblable (2).

Il faut voir dans cette production du pigment un processus de défense contre l'effet nocif des radiations surtout chimiques qui sont capables de provoquer des lésions cutanées. C'est pourquoi, lorsque le soleil frappe des bêtes à cornes, la peau n'est guère altérée que dans les régions claires du pelage dépourvues de pigment protecteur.

D'après Finsen et Giard, le pigment a pour effet d'absorber les radiations lumineuses et de transformer leur énergie en actions chimiques favorables (3).

Le sang absorbant beaucoup de radiations violettes, c'est sans doute dans le but de protéger les capillaires de la choroïde que le pigment est si développé dans cette membrane de l'œil.

Influence exercée par la lumière sur le chimisme respiratoire des animaux (4). — Plusieurs expéri-

1. Pouchet. Acad. des sc., 1871.

2. Chez les céphalopodes, les mouvements des chromatophores s'observent encore après la mort. Leur excitabilité directe persiste quand la fonction est déjà éteinte dans les éléments ganglionnaires (Steinach). Les muscles des chromatophores s'anastomosent avec les cordons musculaires de la peau, et c'est ainsi que l'action lumineuse peut produire immédiatement, sans organes récepteurs spéciaux et même sans transport nerveux, un mouvement en une région plus ou moins éloignée (Raphaël Dubois, Physique biologique),

3. Leredde et Pautrier. *Loc. cit.*

4. Leredde et Pautrier. *Loc. cit.*

mentateurs se sont proposé de comparer le rapport des quantités différentes de CO^2 qui dégagent les animaux suivant qu'ils sont placés dans la lumière ou dans l'obscurité. Leurs expériences faites avec la lumière blanche et les lumières monochromatiques sur des grenouilles saines — ou aveuglées — ou privées de leurs poumons pour ne laisser subsister que la respiration cutanée — ou dont la moelle avait été sectionnée pour empêcher des mouvements plus énergiques, cause d'erreur par l'augmentation correspondante de CO^2 ; d'autres expériences faites également dans ce dernier ordre d'idées sur des animaux hibernants : chauve-souris, muscadin, loir, immobilisés dans leur profond sommeil, toutes ont montré que l'activité du chimisme respiratoire est accru par l'action de l'agent lumineux dont les radiations chimiques paraissent ici encore, seules efficaces. Il en résulte sans doute une oxydation plus active des tissus, un épuisement plus rapide des réserves qui pourrait expliquer pourquoi des animaux privés de nourriture : chat, grenouille, têtards soumis au jeune, perdent plus de poids ou meurent plus vite, exposés à la lumière, que plongés dans l'obscurité. Mais si on les alimente (expériences de Borissoff sur de jeunes chiens également nourris, puis sur des lapins) l'appétit se trouve accru à la lumière et le poids y augmente, par conséquent aussi l'assimilation, plus vite qu'à l'obscurité (1). Par contre dans ces expériences, la lumière s'est montrée sans action sur la production des hématies, des leucocytes et de l'hémoglobine du sang.

1. On est allé jusqu'à prétendre que dans les étables éclairées par la lumière violette les veaux engraissent plus rapidement.

Production de la pourpre. — Elle est due à l'action de la radiation solaire sur le contenu de la glande hypobranchiale de certains mollusques gastéropodes appartenant plus particulièrement au genre Murex. Les matières «photogènes » de ce célèbre pigment tinctorial, dit Raphael Dubois, ont été isolées sous forme de cristaux rouges et bleu foncé, du Purpura lapillus. Elles dérivent, par réduction sous l'action solaire, de cristaux incolores et verts formés de substances très altérables à la lumière (A. Letellier) qui ne préexistent pas dans l'organe à pourpre. Dans le Murex brandaris, elles se forment par l'action d'une zymase, la purpurase sur une substance soluble dans l'alcool, la purpurine, sécrétée par les cellules glandulaires caliciformes de la glande à pourpre (Physique biologique).

Rôle de la lumière dans le développement des organes des sens (1). — L'absence de lumière longtemps prolongée entraîne l'atrophie des organes visuels, comme cela arrive chez les animaux des cavernes; par contre, les organes du tact, de l'olfaction prennent un développement considérable. Un exemple bien frappant de l'influence de la lumière sur le développement de l'œil est fourni par un crustacé marin, l'Ethusa granulata; à la surface de la mer, il a des organes visuels bien conformés; entre 110 et 370 brasses, les yeux, encore portés sur un pédoncule mobile, sont remplacés par une masse calcaire arrondie; enfin, entre 500 et 700 brasses, le pédoncule se change en un appendice pointu et immobile qui sert de rostre. Du reste, chez les animaux nocturnes, la rétine a une structure particulière. En général,

1. Raphaël Dubois. *loc. cit.*

dans les régions abyssales les animaux n'ont pas d'yeux ou en ont de très grands ; parfois l'œil existe chez l'embryon et est nul chez l'adulte (L. Dollo)

Cette grande importance du facteur lumineux dans les phénomènes de la vie semble perdre de sa valeur quand on considère la richesse inouïe de la faune qui peuple la profondeur des mers où la lumière ne saurait agir, attendu qu'elle ne pénètre pas à plus de 400 mètres de la surface. Mais il est à remarquer que ces animaux, poissons, crustacés, astéries, polypes... sont phosphorescents. Comme certains insectes terrestres, le Lampyre noctiluque, vulgairement ver luisant, les merveilleux Pyrophores des Antilles, ils engendrent de la lumière, et une lumière intense, qui supplée celle du jour: c'est la photobiogénèse, fonction générale, commune à des degrés divers aux animaux et aux végétaux, et dont le mécanisme, en dernière analyse, est réductible à une oxydation zymasique (Raphaël Dubois) (1).

Enfin disons, en terminant ce chapitre, que les effluves électriques, les *rayons X* exercent une action analogue à celle des rayons chimiques ; signalons encore les propriétés biologiques particulières du *radium* dont l'importance paraît grande dans la nature. Il agit très nettement sur la vitalité des êtres, sans pour cela provoquer des sensations révélatrices de l'action produite. A dose infinitésimale, l'énergie radiante de cet agent, en excitant, d'une manière durable, les cellules vivantes, serait capable d'en modifier le développement ultérieur. Ainsi, normalement, chez les larves de grenouille, l'appareil respiratoire, externe à la naissance où il consiste en houppes

1. « Physique biologique », *loc. cit.*

de filamants, devient interne au bout de huit jours, en même temps que disparaît l'étranglement du cou ; mais si dans cette première semaine, on soumet, pendant quelques heures, ces êtres à un faible rayonnement du radium, on constate, au huitième jour, l'étranglement encore persistant du cou, avec quelques plissements de la peau en vue de la respiration (G. Bohn). Mentionnons encore cette communication intéressante de Bohn à l'Académie des sciences sur l'influence des rayons du radium sur les œufs vierges et fécondés ou sur les premiers stades du développement (1). L'auteur a expérimenté sur les œufs d'un oursin (environ sur 8.000 œufs) : Normalement l'évolution embryonnaire débute par les trois périodes de formation de la blastula, de la gastrula, puis d'une larve. Or, que l'on fasse agir, un temps convenable, les radiations du radium, on constatera que ce rayonnement augmente l'activité de la chromatine du noyau, tue les spermatozoïdes, amas de chromatine nus, mais excite la chromatine de l'ovule protégée par du protoplasma déterminant la parthénogénèse. Il confère à la chromatine de l'œuf fécondé des propriétés durables qui ont leur retentissement sur l'organisme au moment où celui-ci est en voie de croissance et de rénovation (métabolisme).

Ces rayons ne semblent pas avoir une action spécifique sur les tissus déterminés. Ils agissent sur l'ectoderme des têtards de batraciens et sur l'endoderme des gastrala d'oursins, car l'un et l'autre sont en voie d'évolution et de différenciation.

Des expériences encore inédites ont montré qu'ils ont peu d'action sur les hirudinées adultes dont les

1. *C. R. des séances de l'Ac. des Sc.*, n° 18, 4 mai 1903.

tissus sont en quelque sorte immuables. Chez l'homme, la peau, qui est en voie de rénovation perpétuelle, est atteinte, mais non le muscle.

Particularité extraordinaire, cette action mystérieuse du radium n'est pas immédiate. Il suffit que ses rayons traversent le corps d'un animal pendant quelques heures, pour que les tissus acquièrent des propriétés nouvelles qui pourront rester à l'état latent pendant de longues périodes, pour se manifester tout à coup au moment où normalement l'activité des tissus augmente (Bohn).

Comme on peut supposer que l'écorce terrestre, encore radioactive, l'était davantage dans les âges disparus, ces faits seraient un argument nouveau en faveur de la doctrine évolutionniste des formes vivantes.

Cette action excitante conduit à se demander si les eaux minérales ne doivent pas leurs propriétés remarquables, encore obscures sur bien des points, au rayonnement ou à l'émanation des couches terrestres qu'elles ont traversées.

Mais si, à dose infinitésimale, le radium nous apparaît comme un agent de vie, il devient au contraire un agent de mort, détruisant les tissus, tuant les microbes, quand son action dépasse certaines limites.

CHAPITRE V

Action de la lumière sur l'organisme humain.

Ce que nous avons dit de la difficulté d'apprécier l'action de la lumière sur les animaux s'applique nécessairement à l'homme dont l'organisme a une physiologie encore plus complexe.

Sur lui aussi, nul doute que la lumière n'agisse, et que cette action ne soit *générale et psychique*. Témoin, ce sentiment de bien-être, de gaieté, d'entrain que nous éprouvons quand, après un temps nuageux, nous voyons apparaître les rayons bienfaisants du soleil dont la lumière est bien réellement un « excitateur de vie » (1).

On connaît, d'ailleurs, l'influence néfaste de la claustration sur les prisonniers, sur les ouvriers, etc... On sait aussi que la menstruation, précoce et régulière dans les pays ensoleillés, est tardive dans les

1. Toutefois, cette qualité bienfaisante de la lumière est subordonnée à une intensité qui ne doit pas dépasser certaines limites. Une action trop vive, en effet, provoque des phénomènes de défense dont il sera parlé plus loin (hyperhémie, érythème, pigmentation, épaississement de la peau) dus aux rayons les plus réfrangibles, et des phénomènes cérébraux avec congestion, torpeur, quelquefois mort subite, dus aux rayons les moins réfrangibles. C'est pourquoi, le pigment protecteur se développe dans la peau découverte, particulièrement en été, et que les plumes ou poils des animaux prennent, en général, une couleur plus accentuée sur les régions les plus insolées.

régions du Nord et absente même chez les femmes esquimaux pendant la période d'hibernation (1).

Mais comment se diffuse à travers l'organisme ce rayonnement lumineux ? Quel est le mécanisme de son action à la fois calorifique, chimique et sensitivo-motrice. Nombreuses sont les théories qu'on a édifiées pour l'expliquer ; et il faut avouer que nous ne connaissons pas encore le profond secret de cette puissance mystérieuse, faute de données expérimentales précises.

Ainsi que le dit d'Arsonval (2), « nous vivons dans deux mondes distincts : le monde de la matière et le monde de l'énergie. Les corps simples, carbone, azote, oxygène, hydrogrène, dont est composé l'être vivant, appartiennent à la matière ; le travail, la chaleur, l'électricité et d'autres manifestations plus compliquées dont cet être vivant est le siège, appartiennent au monde de l'énergie. En dehors de l'être vivant, ces deux mondes, qui ont leur histoire et leurs phénomènes distincts, intéressent des sciences différentes ».

Dans ce monde de l'énergie, le rôle de la lumière est considérable, et doit être envisagé tant au point de vue pathologique que physiologique.

Il est à remarquer que déjà, au commencement du siècle dernier, l'action de l'agent lumineux sur l'homme sollicitait l'attention des médecins. En 1806 la question de l'influence de la nuit sur la maladie fut mise au concours (3), et donna lieu à une série de mémoires qui,

1. Arnozan. *Précis de thérareutique.*
2. *Pathologie générale,* tome I.
3. *De l'influence de la nuit. Recueil de mémoires couronnés par la Soc. de méd.* de Bruxelles, en 1806. Bibliothèque de l'hôpital Saint-Louis.

vu l'état de la science à cette époque, se perdent en considérations générales sans rigueur scientifique ni valeur expérimentale.

De nosjours encore, la pathologie nocturne semble rebelle aux investigations, et reste incapable d'expliquer la part de la nuit dans l'évolution des maladies.

Sur l'être normal, la lumière affecte les forces vitales à la façon d'un stimulant et d'un excitant. Elle semble, en effet, éveiller la sensibilité, exciter le mouvement, précipiter les échanges organiques. La nuit, au contraire, qui est comme la négation de la lumière, a une action déprimante et donne lieu aux phénomènes inverses : la température baisse, la sensibilité s'émousse, les mouvements se ralentissent, les échanges organiques se réduisent, les sensations diminuent en intensité et en variété, les relations entre le monde extérieur et le monde intérieur se suspendent au maximum.

Mais cette influence nocturne devient prépondérante et capitale quand on étudie la modification des humeurs et principalement celle des urines, qui peut servir, à elle seule, d'explication à la périodicité du sommeil. D'après Bouchard, en effet, les urines du sommeil sont moins toxiques et plus convulsivantes que celles de l'état de veille. Le maximum de toxicité est obtenu au moment où l'homme s'endort, le minimum au milieu de la période de veille.

Cette modification des urines est si importante qu'elle peut être considérée comme le résultat et comme l'aboutissant d'une série de modifications combinées et partielles retentissant sur les différentes fonctions de l'organisme. Elle résumerait, à elle seule, toute une série de phénomènes qui met-

traient en valeur et en relief cette périodicité du sommeil, et peut-être aussi l'influence de la nuit.

Indépendamment de son action sur l'individu normal, la nuit intervient notablement dans l'évolution des différents états pathologiques, et l'on peut dire, qu'elle aussi retentit, à sa manière, sur les troubles de l'organisme causés par ces états morbides.

Mais, simples observateurs des faits, impuissants à en donner une explication plausible, nous sommes réduits à nous demander pourquoi chez les fébricitants, dans la plupart des pyrexies, la courbe de température augmente-t-elle à la tombée de la nuit ; pourquoi, dans certaines manifestations douloureuses, dans certaines diathèses comme la goutte, les accès surviennent-ils brusquement pour atteindre leur maximum d'intensité à la fin de la nuit, *sub cantu galli ;* pourquoi à ces mêmes heures matinales, quand la nuit finissante paraît avoir achevé son influence sur l'organisme, voit-on souvent les parturientes entrer en douleurs, et les contractions utérines s'éveiller pour expulser le produit de la conception ; pourquoi enfin, le moribond de la nuit semble-t-il plus souvent exhaler son dernier souffle de vie à l'aurore naissante, comme si, après la dépression nocturne, les premiers reflets du jour étaient trop excitants pour son organisme en voie de dissolution ?

Ce côté pathologique de l'influence de la lumière, que dans l'état actuel de la science nous ne pouvons qu'effleurer, nous a paru intéressant à signaler, en vue des conséquences que l'avenir pourra en déduire pour l'interprétation de certains phénomènes morbides, dont l'observation clinique reste, pour ainsi dire, jusqu'à nos jours, sans conclusions scientifiquement valables.

Indépendamment de l'action générale que nous venons de considérer, l'agent lumineux exerce une action spéciale, très remarquable, sur le tégument ; action très nettement étudiée, d'un grand intérêt pratique et sur laquelle est basée la photothérapie cutanée, œuvre du génie de Finsen.

Action de la lumière sur la peau humaine.

Le coup de soleil est un érythème un peu douloureux causé par la lumière frappant les parties du corps non protégées par les vêtements ou la matière pigmentée: face, nuque, jambes découvertes.

Cet érythème débute quelques heures après l'action solaire et guérit souvent spontanément, en quelques jours, en laissant la peau pigmentée; quelquefois il s'accompagne d'œdème, de desquamation, rarement de phylcténisation.

Le printemps est l'époque de sa plus grande fréquence, car l'atmosphère, en raison de l'état de pureté qu'elle présente alors, absorbe moins les rayons chimiques, et de plus, la peau soustraite tout l'hiver à l'action de ces derniers, leur offre, par cela même, une sensibilité plus vive et une résistance moindre.

Erythème photo-électrique. — Le soleil n'est pas seul capable de déterminer des accidents cutanés : une source artificielle suffisamment intense, telle une lampe électrique à arc, produit le même effet nocif.

Charcot, en 1858 (1), publia la première observation de ce genre. Deux chimistes étudiant ensemble la fusion et la vitrification de certains corps par l'ac-

1. *Comptes-rendus Soc. de biologie.*

tion d'une pile de Bunsen de 120 éléments, ne tardèrent pas à éprouver des troubles visuels et à présenter un érythème de la face nettement localisé aux régions qui avaient subi l'action du foyer lumineux. Cette lésion rappelait absolument le coup de soleil et guérit en huit jours après une desquamation qui commença le quatrième jour.

Il est à remarquer que les expérimentateurs, s'étant tenus à 50 centimètres de l'arc voltaïque, n'avaient pu en subir l'action thermique. Charcot, le premier, attribua ces accidents à l'action des radiations chimiques.

Des phénomènes semblables ont été observés depuis dans les usines électriques. Desfontaines (1) rapporte le cas de plusieurs ouvriers du Creusot, chez lesquels l'arc voltaïque qu'on utilisait pour la soudure de pièces d'acier, provoqua un érythème douloureux de la face avec desquamation consécutive. L'érythème des verriers est également une dermite d'origine semblable.

Finsen et ses assistants, au début de leurs travaux, furent, eux aussi, victimes du pouvoir photochimique de la lumière, car, à la suite d'expériences faites avec un arc extrêmement intense de 40.000 bougies dont ils ignoraient la puissance nocive, ils présentèrent bientôt toute une série d'accidents cutanés.

Citons encore le fait suivant rapporté par Chatin et Carle (2).

L'un de ces deux auteurs, étudiant en 1902, avec André Broca, l'intensité et la nature des radiations d'un arc électrique au fer, présenta, ainsi que Broca

1. *Bulletin de la Soc. de chirurgie de Paris*, déc. 1887.
2. Chatin et Carle. *Photothérapie*.

et l'infirmier qui y assistait, toute une série de lésions cutanées, érythèmes, desquamation et même conjonctivite violente.

Il y a lieu de rapprocher de cette action des radiations chimiques spectrales, celle que produisent les rayons X et les rayons du radium : chute des poils ou des cheveux, troubles trophiques des ongles, dermites pouvant aboutir à la gangrène, parfois desquamation de la peau du doigt avec sensation douloureuse persistante. Ces accidents peuvent être tardifs, ne survenir qu'au bout de quatre à cinq semaines (Curie et Becquerel).

Lésions histologiques.

Histologie de l'érythème solaire.— Après la lésion macroscopique, il est intéressant d'étudier les modifications histologiques que provoque la lumière intense dans les tissus.

Leredde et Pautrier (1) ont pratiqué à cet effet une biopsie sur la peau de l'épaule d'un malade atteint d'érythème solaire contracté depuis trois jours. Macroscopiquement, on ne voyait qu'un érythème aigu, de couleur rouge-écrevisse, sans œdème, ni suintement. La loupe montrait, par places, un léger décollement, comme un clivage de l'épiderme.

Au microscope, à un faible grossissement, l'épiderme apparut presque normal comme disposition et comme épaisseur ; seule, la couche cornée paraissait s'exfolier par places. Le derme, peu altéré, était plus riche en éléments cellulaires que normalement, ses faisceaux conjonctifs se montraient distendus.

1. Leredde et Pautrier, *loc. cit.*

Un fort grossissement montrait la couche granuleuse conservée mais séparée de la couche cornée soulevée, un état spongieux du corps muqueux, les espaces intercellulaires un peu augmentés, par places quelques cellules présentant l'état cavitaire de Leloir, et dans la couche basale, de très nombreuses figures de Karyokinèse.

Les lésions du derme étaient peu importantes : un peu d'œdème, faisceaux conjonctifs légèrement dissociés, vaisseaux délatés, légère infiltration leucocytaire, cellules conjonctives un peu gonflées mais sans karyokinèse.

Il va être intéressant de retrouver des lésions analogues dans l'érythème photoélectrique.

Histologie de l'érythème photo-électrique. — Les mêmes auteurs (1) ont en effet étudié expérimentalement les phénomènes réactionnels provoqués sur la peau, par l'arc de l'appareil photothérapique de Lortet et Genoud, actionné par un courant constant de 15 ampères. Ils exposaient à cette source lumineuse, mais en interposant l'appareil de refroidissement ou compresseur, leur bras ou leur avant-bras pendant 17 minutes. Ils pratiquaient ensuite sur eux-mêmes, aux points irradiés, à des dates variant d'un quart d'heure à huit jours après les séances, une série de biopsies, pour en faire l'analyse histologique.

Ils se plaçaient donc dans les conditions du traitement photothérapique des dermatoses dont nous parlerons plus loin, avec cette différence, qu'ici, il s'agissait d'une peau normale.

Les fragments biopsés étaient fixés au sublimé à saturation et inclus dans la paraffine. Les coupes

1. Leredde et Pautrier, *loc. cit.*

étaient colorées à l'hématéine, à l'hématéine-éosine, à l'hématéine et à l'orange G, et à la thionine.

Voici résumés les résultats d'une série de quatre expériences :

1° Biopsie faite un quart d'heure après la séance : Macroscopiquement, simple rougeur modérée. Microscopiquement, aucune modification histologique importante;

2° Biopsie faite 24 heures après la séance : teinte érythémateuse franche et très léger œdème.

Microscopiquement, œdème du derme, dilatation franche des vaisseaux sanguins et dilatation des espaces lymphatiques vasculaires, infiltration cellulaire modérée surtout par des lymphocytes, mastzellen en nombre normal, prolifération légère des cellules fixes, ou plutôt, tuméfaction qui rend leur protoplasma gonflé plus apparent.

Les altérations épidermiques sont plus considérables. Exfoliation partielle de la couche cornée; disparition presque complète des granulations de la couche granuleuse qui n'est plus représentée que par un ou deux lits de cellules aplaties, à noyau peu colorable ; disposition irrégulière des cellules de la couche de Malpighi, un peu d'acanthose diffuse, mais surtout deux altérations importantes : état spongoïde d'Unna (variable suivant les points, ici, léger écart des cellules, là, exsudat refoulant les cellules et représentant une vésicule embryonnaire), et altération cavitaire de Leloir à tous les stades, depuis l'agrandissement de l'espace clair périnucléaire avec refoulement périphérique de l'exoplasme, jusqu'à des altérations du noyau ; intégrité des follicules pileux.

3° Biopsie faite quatre jours après la séance : couleur rouge brunâtre et clivage de l'épiderme ;

Microscopiquement, lésions épidermiques, très considérables et très caractéristiques, mais d'aspect différent suivant qu'on a affaire à une portion d'épiderme situé sous une bulle ou en dehors d'une bulle. En dehors de la bulle: presque plus de noyaux colorables; disparition de la couche granuleuse ; couche cornée assez épaisse et feuilletée ; en certains points, cependant, noyaux épithéliaux bien colorables avec réseau nucléaire distinct, mais protoplasma peu ou nullement apparent. En dessous d'une bulle: couche épidermique franchement colorable en violet par la thionine; dans la zone superficielle qui est fort épaisse, présence de lymphocytes en émigration vers la bulle, tissu d'apparence hyaline ; dans la zone profonde, épithélium

avec ses noyaux, qui s'épaissit en plusieurs couches pour former les cônes interpapillaires.

Bulle sus-jacente contenant un liquide qui se colore d'une façon homogène, et qui par l'orange G, forme une véritable laque orangée, parsemée de polynucléraires (éosinophiles) et de gros noyaux (mononucléaires probables).

La réaction dermique est beaucoup moins marquée : dilatation vasculaire franche, mais pas de foyer cellulaire, tissu conjonctif trouble, œdème léger, quelques éosinophiles en migration vers l'épiderme, hématies éparses.

4° Biopsie pratique huit jours après la séance. Cette fois, épiderme épaissi, cellules à noyaux volumineux allongés parallèlement à la surface de la peau, souvent entourés d'une vacuole; assez grosses granulations de kératohyaline, et assez nombreuses cellules et granulations éosinophiles. Au dessus, strates formées de cellules cornées, de leucocytes éosinophiles et de noyaux.

Corps muqueux formé de cellules relativement petites avec très gros noyau ; fentes intercellulaires dilatées, tandis qu'à la région basale, les cellules sont tassées ; karyokinèses extrêmement nombreuses et à tous les stades ; pas d'éléments en diapédèse dans la couche de Malpighi, disparition de toute pigmentation dans la couche basale.

Dans le derme, réactions assez importantes se rapprochant de celles d'une inflammation commune Tuméfaction hyaline du tissu conjonctif, vaisseaux extrêmement dilatés (lacs sanguins) bordés de cellules endothéliales peu nombreuses, avec quelques figures de karyokinèse indiquant des phénomènes de régénération; cellules conjonctives tuméfiées et quelques-unes en karyokinèse; quelques lymphocytes, mastzellen un peu plus nombreuses que normalement; absence de pigment dermique.

Une remarque s'impose après l'examen que nous venons de faire : c'est, de même que dans le coup de soleil, la lente évolution des lésions, leur apparition tardive; c'est là un caractère spécifique de l'action de la lumière chimique, action bien différente de celle des radiations calorifiques dont l'effet, la brûlure, se manifeste aussitôt.

Pathogénie des accidents cutanés produits par la lumière.

Après l'exposé des symptômes et réactions que nous venons de décrire, il y a lieu de se demander s'il faut les rapporter à l'activité particulière de certaines radiations déterminées, et dans ce cas à quel groupe appartiennent les radiations en cause.

Hypothèse de Charcot. — Charcot a eu l'honneur d'émettre, le premier, cette hypothèse, que les accidents produits sont attribuables aux rayons chimiques, et non aux rayons calorifiques, comme on le pensait avant lui en considérant l'érythème solaire comme une brûlure au premier degré. Charcot basait son opinion sur ce fait, que dans son observation rapportée plus haut, l'éloignement du foyer rendait impossible toute action calorifique. Les troubles oculaires auraient pu faire incriminer les radiations visibles, mais Charcot citait le cas de Foucault qui, atteint de céphalée, de troubles de la vue, produits par de fortes étincelles électriques, en évitait le retour quand il avait soin de se protéger à l'aide d'un verre d'urane qui absorbe les rayons chimiques.

Recherches ultérieures. — Bouchard (1), en 1862, chercha à élucider cette question par des expériences faites sur son avant-bras placé au foyer d'une lentille qui concentrait successivement sur la peau du membre les différents rayons d'un spectre lumineux.

Voici les effets produits, après 30 secondes d'exposition: avec les rayons violets, phlyctène ; avec les

1. *Recherches nouvelles sur la pellagre.* Paris 1862. Puis C. R. Soc. biol., 1877.

bleus, cuisson et érythème ; avec les verts, très léger érythème ; avec les jaunes, légère cuisson ; avec les rouges, rien.

Quant au temps nécessaire à chaque radiation pour provoquer une même réaction, il fallut 12" aux violets, pour rougir et soulever l'épiderme, 15" aux bleus pour le rougir seulement, 18" aux verts pour le rougir avec cuisson, 17" aux jaunes pour rougir cet épiderme.

Enfin, se débarrassant des rayons calorifiques par filtration du faisceau lumineux au travers d'une couche d'eau, Bouchard reprit, avec cette modification, les expériences précédentes, et obtint nettement les mêmes effets. Ces résultats sont concluants : seule la lumière chimique produit les accidents photo-cutanés, sans aucune participation des rayons calorifiques ; et ces accidents sont d'autant plus marqués et plus rapides qu'on se rapproche davantage de l'ultra-violet. L'action de la lumière sur la peau n'est donc pas une action d'origine thermique.

Les expériences de Widmarck (de Stokholm) (1), ont apporté une confirmation de plus : En faisant agir sur la peau rasée d'un lapin albinos un arc électrique de 12 becs carcel, dont les radiations traversaient une lentille de cristal de roche et une couche d'eau froide, ou bien une lame de verre, il constata que les rayons chimiques, surtout ultra-violets, étaient seuls à produire l'érythème caractéristique ; les autres rayons, les rayons calorifiques, restaient inactifs à ce point de vue.

Ceci permet d'interpréter le phénomène connu sous le nom de coup de soleil des glaciers : c'est un

1. Hygiea. Festbaud, 1889.

érythème que présentent, à la partie inférieure du nez et du menton, les touristes des glaciers, les explorateurs des mers arctiques. Cet érythème, entièrement analogue à l'érythème solaire, ne peut manifestement être mis sur le compte de la chaleur, étant donnée la basse température ambiante ; il faut l'attribuer uniquement aux radiations chimiques réfléchies par la glace ou les neiges.

Signalons encore les résultats communiqués par Hammer (de Stuttgart) au 2e congrès de la Société allemande de dermatologie tenu à Leipzig) :

1° L'érythème solaire est provoqué par les rayons ultra-violets ;

2° L'effet isolé de la chaleur sur la peau diffère complétement de celui qui est dû à l'action de la lumière ;

3° La lumière électrique, à cause de ses rayons ultra-violets, est très excitante pour la peau ;

4° Les étoffes ou préparations qui empêchent les rayons ultra-violets de tomber sur la peau, protègent celle-ci contre l'érythème solaire.

Finsen (1), en 1900, arrivait à des conclusions semblables, dans les expériences qu'il fit sur lui-même, en exposant la peau mince de la face de flexion de son avant-bras, noircie en partie à l'encre de Chine et recouverte d'une lame de cristal de roche, plus d'une série de lames de différentes couleurs, au rayonnement d'un arc électrique d'amperage élevé (80 amp.) ; il se plaçait d'abord à une distance rapprochée de 50 centimètres, à laquelle peuvent agir les rayons calorifiques, puis à 75 centimètres où ces rayons chauds ne se font plus sentir.

1. « Mitheilungen aus Finsen's Lysinstitut. » Leipzig, 1900.

Toutes ces expériences mettent nettement en évidence la différence d'action des radiations chimiques et des radiations calorifiques. Les premières (bleu, indigo, violet, ultra-violet), de même que les rayons X, déterminent des lésions qui ont pour caractère de survenir tardivement, quelquefois 48 heures après l'action de la lumière, pour progresser quelque temps encore, puis s'effacer ; au contraire, la réaction provoquée par les rayons calorifiques (infra-rouge, rouge, orangé, jaune), de même qu'une brûlure, se manifeste aussitôt, atteint vite son maximum et décroît ensuite.

Ceci a son importance en photothérapie : on y évitera la lumière chaude qui provoquerait des accidents de même ordre qu'une brûlure, pour utiliser des sources photochimiques, telles que l'arc électrique. Celui-ci, employé par Finsen à une intensité de 80 ampères, se montra plus actif en 20 minutes qu'une forte lumière solaire agissant pendant 3 heures.

Lésions chroniques provoquées par la lumière. — *Pigmentation.*

Pigmentation. — Si l'érythème est la réaction aiguë de la peau subissant l'action photochimique de la lumière, la *pigmentation* en est la réaction chronique, réaction utile, bienfaisante, qui défend les téguments contre l'agent lumineux. Elle peut en neutraliser la nocivité jusqu'à rendre inoffensive l'exposition à un soleil ardent.

Cette pigmentation, que la lumière provoque sur les parties découvertes de la peau, agit, en effet, comme un écran protecteur ; c'est un mécanisme de défense maintenant la constance chimique de la

matière vivante (Bohn). Aussi, les paysans, les marins et en général les gens à peau fortement hâlée, ne contractent-ils jamais l'érythème solaire, alors que les personnes peu habituées à la vive lumière sont facilement sujettes à cet accident.

Ce qui le prouve encore, c'est l'expérience de Finsen exposant, pendant trois heures, à un soleil ardent, son avant-bras, d'abord partiellement recouvert d'encre de Chine, et plus tard complétement débarrassé de toute couche protectrice : il vit, dans le premier cas, se produire un érythème avec pigmentation consécutive, qui épargne la région protégée par l'encre, tandis que dans le second cas, cette partie dépourvue de tout pigment, fut seule à s'enflammer. Donc, le mal produit, l'érythème crée pour ainsi dire, une immunité locale (Charrin).

Bohn (*L'évolution du pigment*) « considérant la lutte que les êtres vivants soutiennent entre eux et contre les divers agents du monde extérieur, ou bien au contraire, leur union dans le but d'utiliser l'énergie contenue dans ce milieu, déclare qu'il ressort de l'ensemble de ces phénomènes une impression d'harmonie. Frappé du rôle joué par le pigment, il admet, à côté des harmonies physiques et chimiques, qui ne se révèlent qu'à la suite d'une analyse minutieuse des phénomènes biologiques (ou qui même nous échappent souvent), des harmonies pigmentaires ; ces harmonies des couleurs ont souvent frappé les savants, et pour Darwin, Wallace, Poulton, Giard, elles jouent un rôle important dans les rapports des êtres entre eux et dans les relations des êtres avec le milieu extérieur. C'est la théorie connue sous le nom de mimétisme. Rejetant l'explication darwinienne qui admet la fixation d'une variation due au

hasard par la sélection naturelle, Bohn se rattache à la théorie lamarckienne qui explique la création d'une variation par la réaction physico-chimique de l'organisme contre le milieu extérieur. Ainsi la couleur des animaux, la coloration plus foncée de leur face dorsale, la pigmentation cutanée des hommes exposés à la lumière solaire, le teint bronzé des races blanches des pays équatoriaux, la couleur noire des races nègres, nous apparaissent comme des processus de défense, d'adaptation au milieu » (Leredde et Pautrier) (1).

Finsen fait encore remarquer que, puisque la pigmentation est un acte de défense, on pourra connaître, par l'étude de la répartition du pigment dans les tissus, qu'elles sont les parties qui ont ainsi besoin de protection. Or, chez l'homme, le pigment cutané occupe la profondeur de l'épiderme, c'est-à-dire le voisinage du *stratum capillare* où il y a des vaisseaux. De même, chez les animaux, les chromatophores se voient souvent le long ou autour des vaisseaux ; ce qui semble donc indiquer que les vaisseaux et le sang ont besoin d'être protégés contre la lumière.

Indépendamment du rôle de défense qu'elle remplit, la pigmentation ne serait-elle pas encore un processus d'adaptation ?

Leredde et Pautrier, rapprochant le pigments animal du pigment végétal, la chlorophylle, qui absorbe les radiations lumineuses auxquelles elle est spécialement adaptée pour les transformer en énergie chimique, pensent, que peut-être aussi, le pigment de l'homme et des animaux assimile le

1. Leredde et Pautrier, *loc. cit.*

radiations chimiques pour les convertir en énergie utile à l'organisme. Ici encore, l'être vivant se défend en utilisant l'agent destructeur (Bohn).

Modifications vasculaires.— La pigmentation n'est pas la seule réaction chronique déterminée par la lumière.Son action se traduit encore par une dilatation des vaisseaux et des capillaires, vaso-dilatation non passagère comme dans les inflammations banales, mais de longue durée, à caractère chronique.

Cette modification de la circulation cutanée, Finsen (1) l'avait déjà observée directement, en examinant au microscope la queue d'un têtard exposée à un fort soleil, tandis qu'un courant d'eau froide, arrosant le reste du corps, maintenait l'animal en vie : il vit ainsi se produire, avec le ralentissement de la circulation locale, la stase sanguine et la migration des leucocytes et de quelques hématies.

Plus tard, quelques mois après l'expérience qu'il fit sur son avant-bras avec la lampe à arc de 80 ampères, le même auteur remarqua, en se frictionnant, que les régions où s'étaient développé l'érythème, à ce moment effacé, rougissaient beaucoup plus que les autres parties : preuve manifeste de la persistance d'une certaine dilatation vasculaire.

Finsen considère ce phénomène comme une réaction bienfaisante qui, en dilatant les capillaires, nourrit mieux la peau et lui assure par conséquent des conditions meilleures de fonctionnement.

Pour justifier son interprétation, il fait observer avec Berthold (2) que les cheveux, la barbe, les ongles poussent plus vite en été, saison où le soleil,

1. Finsen. *Hospitalstidende*, t. I, nov. 1893.
2. Berthold. *Archiv. für anat. und. Physiol*, 1850.

plus ardent, active davantage la circulation et nourrit mieux les téguments.

Peut-être aussi, que l'absorption d'une quantité plus considérable de radiations chimiques, grâce à l'hyperhémie produite, est un autre facteur de protection à faire intervenir dans le mode de défense de la peau ?

Effets de la lumière dans les états pathologiques de la peau. — Après cet exposé sommaire des réactions inflammatoires provoquées sur des téguments normaux, il y a lieu de dire un mot des accidents produits sur une peau d'une sensibilité anormale, que cette anomalie soit liée à un état morbide acquis où à une prédisposition congénitale.

L'*eczéma solaire* est une dermatose nettement limitée aux parties découvertes qui atteint la peau fine, sensible, d'individus prédisposés, quand l'action de la lumière se prolonge. Il en existe deux types cliniques : dans la forme aiguë, ce sont des vésicules suintantes comme dans l'eczéma aigu, avec tuméfaction en nappe, ou des efflorescences urticariennes ; dans la forme subaiguë, ce sont des papules prurigineuses isolées, parfois confluentes, simulant absolument le lichen plan de Wilson.

Une autre lésion très rare, l'*hydroa vernal* de Bazin, consiste en une éruption dont les éléments vésiculo bulbeux ou vacciniformes développés consécutivement à l'action d'une lumière solaire intense, reposent sur une base tuméfiée et érythémateuse. Les bulles, multiloculaires, contiennent un liquide clair qui peut quelquefois devenir hémorrhagique. Dans quelques rares cas bénins, ces bulles non infectées secondairement, ne tardent pas à se dessécher et à disparaître, parfois sans cicatrices.

Mais dans le type vacciniforme, il subsiste après la chute des croûtes, une cicatrice indélébile, ombiliquée et blanche, comme après la vaccination. C'est alors une affection récidivante et envahissante, guérissant très rarement, sauf quelquefois à la puberté.

Exceptionnellement, l'éruption se développe sur des régions couvertes du corps, les rayons chimiques pouvant traverser les vêtements. Elle envahit quelquefois la muqueuse oculaire.

En même temps que l'éruption, il peut y avoir des phénomènes généraux passagers : troubles gastriques, céphalalgie... etc., rougeur même de l'urine due à l'hématoporphyrine. Au point de vue étiologique et pathogénique, la clinique et l'expérimentation démontrent que la lumière est la cause de ces accidents, et que parmi les diverses radiations, seules les radiations chimiques jouent le rôle d'agent provocateur (expériences de Moller).

Sous le nom d'*éphélides*, on désigne des taches pigmentées, peu étendues, ne dépassant pas les dimensions d'une pièce de cinquante centimes, qui se développent l'été, pour diminuer ou s'effacer l'hiver, sur les peaux délicates (surtout chez les blonds et les roux) non protégées contre la lumière.

Certaines mélanodermies, le chloasma des femmes enceintes, exagèrent leur pigmentation au niveau des régions de la peau exposées à l'action du soleil.

La lumière solaire a encore une part importante dans l'étiologie du *xéroderma pigmentosum* (Kaposi), épithélioma-tose pigmentaire (Besnier) (1), affection fort grave, d'origine familiale, se développant exclusivement sur les parties devêtues de la peau. Elle est caractérisée par des taches pigmentaires et atrophiques avec télangiectasies qui s'ulcèrent et finissent par se transformer en épithélioma cutané, quelquefois en sarcome mélanique ou fuso-cellulaire. C'est au printemps que débute ordinairement cette maladie, presque toujours après une exposition au soleil : il s'agit d'abord d'un simple érythème photochimique comme dans une insolation banale, mais au lieu de rétrocéder, la lésion persiste très longtemps, puis la peau devient télangectiasique, rugueuse, hyperkératosique ; plus tard, survient une éruption eczémateuse ou pustuleuse à laquelle succèdent des ulcérations, puis des cicatrices déprimées ou chéloïdiennes. Certains parties s'atrophient, prenant l'aspect de la sclérodermie. A la période suivante, de petites néoplasies verruqueuses se forment qui peuvent devenir le point de départ d'épithéliomas véritables et déterminer une cachexie carcino-mateuse qui emporte le malade après une durée variant de 10 à 30 ans.

La pathogénie de cette afiection est complexe, et l'hérédité constitutionnelle, un trouble congénital dans la nutrition du tégument externe, y jouent certainement un rôle capital, comme le prouve l'extension de la maladie à plusieurs enfants d'une même famille. Mais s'il y a une cause prédisposante, il n'en

1. Hallopeau et Leredde. *Traité pratique de dermatologie.*

est pas moins vrai que la lumière paraît jouer le principal rôle de cause déterminante, occasionnelle, étant donné ce que la clinique nous apprend du siège et des circonstances de production des lésions.

Se basant sur cette théorie pathogénique, Allan Jamieson arrêta l'évolution de ce mal redoutable chez un petit malade, en le protégeant systématiquement contre la lumière solaire par un voile brun sombre qui absorbait les rayons lumineux.

Unna a signalé, sous le nom de carcinome de la peau des marins, une variété de xeroderma survenant sur les parties découvertes, à un âge assez tardif, chez les personnes exposées au soleil et aux intempéries. Au début, c'est une rougeur cyanique, puis apparaissent des taches pigmentaires, et ailleurs, achromiques. Il se forme des saillies hyperkératosiques qui se transforment en épithéliomas.

Ici encore, la lumière joue un rôle étiologique, puisque la clinique nous montre cette maladie se développant sur les régions dévêtues, chez des sujets exposés à la clarté solaire.

Après cette série d'altérations atteignant des téguments d'aspect normal, nous dirons un mot de la *pellagre* qui offre ce nouvel intérêt, que la peau présentant déjà des lésions, nous allons voir quels ravages la lumière exerce sur une surface malade, en état de moindre résistance.

La *pellagre*, maladie surtout répandue en Italie, admirablement étudiée par Bouchard (1), Vidal et Leloir (2), Raymond (3), a une symptomatologie complexe : phénomènes généraux (amaigrissement, troubles digestifs, nerveux, quelquefois psychiques, cachexie), et phénomènes locaux (érythème avec desquamation consécutive de la peau).

L'érythème pellagreux qui apparaît au printemps et dure jusqu'à l'automne, s'observe sur les parties du corps ordinairement découvertes : face dorsale des mains et des doigts où il débute par une rougeur sombre pouvant aller jusqu'à l'extravasation sanguine (Raymond), face dorsale du poignet, des pieds, cou, partie supérieure de la poitrine, visage chez enfants et femmes surtout. Cliniquement, c'est un érythème solaire ordinaire, avec cette différence qu'il ne se développe que lorsque le pellagreux

1. Bouchard. *Recherches nouvelles sur la pellagre.* Paris, 1862.

2. Leloir et Vidal. *Traité des maladies de la peau.* Paris, 1894.

3. Raymond. *Les altérations cutanées de la pellagre.* Ann. Dermat., 1889.

est dans un état cachectique assez avancé. Après plusieurs récidives, la peau, luisante, sèche, s'épaissit, se fissure, et finit par s'atrophier.

Le siège de cet érythème, le fait qu'il ne se voit que dans les pays très insolés, et seulement chez les sujets pellagreux, travaillant ou vivant au soleil, mettent en évidence le rôle de la lumière ; et dans celle-ci, les expériences de Bouchard ont démontré que les rayons chimiques, seuls, doivent être incriminés.

Remarquons bien que cet érythème pellagreux, absent chez les ouvriers travaillant à l'ombre, ne fait pas partie intégrante du syndrome pellagre ; c'est donc une lésion développée sous l'action nocive de la lumière, à la faveur d'altérations préexistantes de l'état général et probablement aussi de la peau.

Si donc nous voyons la lumière chimique provoquer des lésions cutanées, il ne faudrait pas en conclure que tout accident atteignant une peau dénudée, après exposition au soleil, doive être simplement considérée comme l'effet nocif des radiations lumineuses ; il se pourrait, comme le font remarquer Leredde et Pautrier, que des troubles internes fussent en cause. A ce sujet, nous citerons la curieuse observation rapportée par ces deux auteurs (1).

« L'un de nous (L.) a observé récemment un malade qui présentait depuis deux ans, au printemps et en été, des poussées d'eczéma, subintrantes, survenant d'une manière brusque à la suite d'une exposition à la lumière solaire vive, — strictement limitées aux régions découvertes, respectant les régions pilaires de la face ; les caractères cliniques étaient ceux d'un eczéma commun, extrêmement suintant, aboutissant à une desquamation intense dès que le malade était à l'abri de la lumière. La lumière solaire paraissait donc jouer le rôle unique dans la genèse de cette affection : il n'en était rien ; l'examen du chimisme gastrique révéla l'existence d'une dyspepsie de fermentation butyrique ; l'examen hématologique, des troubles importants de l'équilibre leucocytaire ; enfin, dès que le malade fut traité comme un dyspeptique, les poussées d'eczéma s'atté-

1. Leredde et Pautrier, *loc. cit*

nuèrent puis disparurent, et on obtint une guérison qui aurait nécessité, si on s'en était tenu aux premières recherches, la vie à l'abri des rayons solaires. La lumière n'agissait donc pas comme cause efficiente, mais seulement comme cause d'appel.

Il peut en être de même dans d'autres cas, en dehors même de ceux qu'on a groupés sous le nom d'eczéma solaire ; ici, comme dans la plupart des dermatoses d'origine physique ou chimique, il ne faut pas s'en tenir à la notion des causes externes, mais rechercher les qualités particulières des tissus sur lesquels elles ont eu un effet nocif » (Leredde et Pautrier).

CHAPITRE VI

Action thérapeutique générale de la lumière.

L'étude qui précède nous montre la lumière comme un agent extrêmement actif, d'une puissance considérable, exerçant son action sur les corps inertes et animés.

Nous avons vu son influence agir localement sur la peau et déterminer aussi des phénomènes généraux sur l'ensemble de l'organisme.

Les manifestations cutanées, en raison de leur simplicité relative, se prêtaient à des expériences et à des observations précises. Nous avons passé en revue les recherches concluantes qui ont été faites dans ce sens et ont permis d'élucider cette action locale de l'agent lumineux. D'autres travaux viendront, qui éclaireront de même le mécanisme biologique de son action générale.

Mais déjà, les connaissances remarquables acquises sur la nature et les propriétés de la lumière ont permis de créer une nouvelle méthode de thérapeutique, la Photothérapie, dont la gloire revient à Finsen. Cette méthode utilise, soit les rayons chimiques concentrés pour le traitement des dermatoses, soit le bain de lumière pour les affections générales.

Le premier genre d'application est déjà bien précisé dans ses principes, sa technique et ses effets, nous en ferons l'objet de notre dernier chapitre, le

second, encore mal défini, est à l'étude comme l'action photobiologique générale qui doit lui servir de base scientifique. Nous allons cependant résumer quelques résultats qui s'y rapportent.

Le bain de lumière comme agent de traitement général. — La puissance vivifiante de la lumière devait éveiller l'idée d'en faire l'application au traitement de certaines maladies d'ordre interne, principalement celles qui paraissent liées à un affaiblissement général de l'organisme. C'est ainsi qu'est né le procédé thérapeutique du bain de lumière encore à l'état de simple ébauche, malgré les travaux parus sur ce sujet en France et surtout à l'étranger.

Ce bain de lumière, comme son nom l'indique, consiste à exposer la surface du corps à une source lumineuse naturelle ou artificielle.

Les bains solaires ou héliothérapie, qui remontent à la plus haute antiquité, furent appliqués par les Grecs (1) surtout, qui couvraient une partie ou la presque totalité du corps, jusqu'au cou, avec du sable chauffé par le soleil. C'était la méthode de l'arénation, encore pratiqué de nos jours en Orient, en Afrique, et même en France sur les bords de la mer. Le malade, protégé par un parasol, est entouré d'une épaisseur de sable chaud et salé de 12 à 15 centimètres, et reste ainsi exposé au vif soleil pendant une durée de 15 à 30 minutes. Le pouls s'accélère, la peau rougit et une hypersécrétion sudorale intense inonde tout le corps. Une insolation prolongée pourrait déterminer un état syncopal ; ce qui oblige à une attentive surveillance.

1. Hérodote déclare que l'héliose est particulièrement nécessaire pour refaire et développer le système musculaire.

Ce moyen thérapeutique a donné des succès contre la diathèse scrofuleuse et lymphatique (Hameau), contre le rhumatisme chronique (Marchant et Pouget), contre l'anémie, la chlorose, le rachitisme, la lèpre, l'éléphantiasis.

Dans cette méthode, si la lumière a une influence importante due surtout à ses rayons calorifiques, il n'en est pas moins vrai que le sel marin contenu dans le sable exerce concurremment une action tonifiante.

Mais la lumière solaire seule a été employée aussi, dans le Tyrol et plus récemment à Berlin, pour traiter certaines affections, ou plus simplement pour accroître l'énergie vitale. Le procédé consiste à se livrer, complétement nu, à des exercices en plein soleil, dans de grandes enceintes disposées *ad hoc*.

L'héliothérapie présente le grave inconvénient de la variabilité de l'éclairement (suivant l'état du ciel, l'heure, la saison, qui modifient l'intensité lumineuse ou l'angle d'incidence) et de la difficulté du réglage ; aussi s'est-on préoccupé de recourir aux sources artificielles, utilisables partout et en tout temps et dont on peut graduer l'énergie à volonté ; et la lumière électrique, en raison de sa puissance, a été choisie. A Philadelphie fut créé le premier établissement « d'insolation électrique » : des lampes à incandescence projetaient leur forte lumière sur le malade exposé nu à leur action, la tête abritée par un voile. Puis, en Allemagne, en Amérique, en Russie, on s'adressa également à l'arc électrique avec ou sans réflecteur.

Ewald, de Koloma (*Semaine médicale*, 1890), voyant les affections rhumatismales et nerveuses se réduire considérablement parmi les ouvriers d'une

usine où l'on soudait le fer par l'emploi de l'arc voltaïque, chercha à utiliser thérapeutiquement la lumière à arc et obtient des succès. Les rayons tamisés à travers un verre bleu se montrèrent les plus sédatifs. Ils seraient particulièrement indiqués dans les cas d'excitation cérébrale.

Appareils pour bains de chaleur radiante lumineuse. — Kellog le premier, imagina un appareil pour bains de lumière par lampes à incandescence. C'est une caisse polygonale en bois, à l'intérieur de laquelle sont disposées deux rangées de lampes à incandescence, au nombre de 50 environ, d'une intensité de 15 à 20 bougies, et marchant à 0,8 ampères sous 110 volts. Deux glaces planes en réfléchissent la lumière sur le corps du malade, dont la tête émerge au dehors. Un thermomètre, fixé au couvercle, permet de surveiller la température qu'on règle en éteignant ou en allumant un certain nombre de lampes. Depuis, des modifications ont été apportées à l'appareil, en particulier par le constructeur. M. Heller qui, en ajoutant des verres colorés, a permis de faire agir à volonté les radiations actiniques ou calorifiques. Ceci rend des services pour les affections généralisées de la peau justiciables de la photothérapie, ainsi que pour le traitement des névropathies. D'autres dispositifs permettent l'application simplement limitée, locale, du bain, alors qu'on ne veut traiter qu'une région du corps (membres, tête).

Ce bain de lumière est surtout indiqué pour les états pathologiques exigeant de la chaleur, car les radiations émises par cette source électrique à incandescence sont surtout thermiques et éclairantes, mais peu chimiques.

En 1896, un ingénieur anglais Dowsing, inventa une nouvelle lampe électrique qui transforme directement, dans l'ampoule, le courant électrique marchant à 2,5 ampères sous 110 volts, en chaleur radiante lumineuse avec aussi production de radiations actiniques. Un rhéostat en règle facilement l'intensité. L'appareil pour bain complet se compose d'un matelas d'amiante avec couverture de même substance qui aident à diffuser la chaleur rayonnée, et de quatre grands réflecteurs métalliques portant chacun deux lampes. Au moyen de grosses tringles, on mobilise ces réflecteurs disposés latéralement par rapport au malade. La couverture d'amiante, posée au dessus du réflecteur, est maintenue à une distance de 30 ou 40 centimètres du patient, entièrement nu, dont elle n'enserre que le

cou. En supprimant cette couverture, on laisse la lumière agir seule directement, sans échauffement de l'air qui entoure le malade.

Le dispositif pour bains locaux présente simplement des dimensions plus réduites; le membre est placé entre deux réflecteurs, on agit comme précédemment, par rayonnement seul, ou par diffusion de la chaleur avec échauffement de l'air. Il est à remarquer qu'on maintient un peu la communication avec l'air extérieur pour permettre l'élimination de la vapeur d'eau transpirée. La température peut atteindre, sans danger, un degré très élevé, jusqu'à 150 centigrades, et même 200° pour les applicatione locales, car la chaleur radiante, comme la chaleur sèche obscure, au lieu de provoquer une sensation de brûlure, produit un effet sédatif et de détente.

Ce bain thermo-lumineux diffère du bain avec l'appareil Kellog. Dans le système Dowsing, en effet, l'irradiation du malade est seulement latérale, et la partie du corps en contact avec le matelas en amiante ne reçoit que de la chaleur obscure résultant de la transformation des radiations absorbées par cette substance. Les effets produits sont par là-même changés, comme l'ont constaté les médecins qui ont appliqué ce mode de traitement.

Une autre particularité de cet appareil tient au système de réglage de l'intensité lumineuse : on se sert d'un rhéostat qui, en agissant sur le potentiel électrique, modifie la lumière dans sa qualité calorifique et chimique ; tandis qu'en faisant varier le nombre de lampes incandescentes, comme dans l'appareil de Kellog, on modifie la quantité de lumière, mais on ne change pas sa composition, ce qui peut avoir un avantage dans certains cas.

Pour alimenter ces bains photo-électriques, on s'adresse, soit à une batterie d'accumulateurs (d'une cinquantaine d'éléments) à grande capacité, soit à un secteur d'éclairage, soit à un dynamo actionné à la vapeur, au gaz, à l'alcool.

Effets physiologiques.

Dans ces bains photo-électriques, on met en œuvre les rayons lumineux, la chaleur radiante lumineuse, l'air chaud, seuls ou associés. L'effet produit se rapproche de celui de l'étuve sèche, mais le surpasse par plusieurs avantages.

La transpiration cutanée et pulmonaire, régulateur de la température du corps vis-à-vis des influences calorifiques extérieures, ne fonctionne bien qu'en milieu sec. On comprend donc que la facilité du renouvellement de l'air dans les appareils décrits, rende tolérables les températures élevées, et que la sueur se dégageant au dehors, la sensation éprouvée soit simplement celle produite par un doux soleil. Dès lors, le traitement est même applicable aux affections cardiaques et pulmonaires, l'oppression et les vertiges n'étant plus à redouter.

Ajoutons à cela l'excitation spéciale des rayons lumineux joints aux rayons calorifiques : elle provoque, sans érythème véritable, une vaso-dilatation cutanée d'où résulte une transpiration généralisée, en même temps que par l'intermédiaire du système nerveux, cette même excitation est sans doute encore, pour l'organisme en général, une source d'énergie revivifiante (1).

Le pouls est moins accéléré que dans les étuves, il devient plus ample, la tension artérielle s'abaisse, le travail du cœur est donc facilité.

Le bain de lumière exerce encore une action physiologique très nette sur la sensibilité normale ou anormale et chez les hypnotisés : il est analgésiant, si bien qu'il atténue immédiatement les manifestations douloureuses, comme le font les courants de haute fréquence.

La nutrition générale est activée, ainsi que le prou-

1. Beaucoup d'auteurs admettent que, malgré la spécificité d'action de la lumière sur la rétine, cet agent peut influencer les terminaisons nerveuses périphériques lorsqu'il agit avec intensité sur la peau fortement vascularisée (Marie. *Archives d'électricité médicale*, 19 nov. 1901).

vent l'élimination plus considérable de l'acide carbonique, la plus grande absorption d'oxygène par les globules rouges, l'augmentation de l'excrétion urinaire, principalement de l'urée et de l'azote total, l'aspect vigoureux des individus vivant en pleine lumière (1).

Les sécrétions, les centres psycho-moteurs sont aussi heureusement influencés.

Aussi la clinique, d'accord avec la physiologie, trouve-t-elle, dans ces bains, une action à la fois tonique et sédative qui peut être mise à profit pour combattre, avec avantage, la plupart des affections tributaires du bain d'air chaud, sous ce rapport inférieur à la chaleur radiante lumineuse.

Ce sont surtout les maladies qui rentrent dans le cadre nosologique des vices par ralentissement de la nutrition, qui en bénéficient le plus : dyscrasies lipogènes ; lithiases biliaire et rénale ; diabètes ; dyscrasies acides, ostéomalacie, rachitisme ; manifestations arthritiques de la goutte et du rhumatisme. Puis viennent les affections par altération de la crase sanguine, chlorose, anémie, lymphatisme ; les albu-

1. Féré, étudiant l'influence des sensations lumineuses et colorées surle travail et la fatigue, a constaté que l'accès de lumière provoque un relèvement du travail ergographique. Les verres colorés et surtout les rouges provoquent un surcroît de travail, sans qu'il soit possible toutefois de fixer encore un classement dynamogénique des couleurs. Enfin Griesbach a constaté que le travail manuel fatigue plus vite les aveugles que les voyants.

Au point de vue de la physiologie pathologique, les expériences, quoique peu nombreuses, méritent l'attention Reuzi et Masella ont inoculé diverses maladies infectieuses à des cobayes enfermés, les uns dans des cages de verre, les autres, dans des cages de bois. Quand il s'agit de tuberculose les cobayes exposés à la lumière résistent le plus longtemps ;

minuries, le saturnisme chronique, quelques manifestations de la syphilis tertiaire ; certaines affections pleuro-broncho-pulmonaires (voire même la tuberculose), cardiaques, rénales, prostatiques, ainsi que chirurgicales ; l'aménorrhée, la dysménorrhée, les dyspepsies nervo-motrices ; les névropathies douloureuses, névralgies, ovarialgie, tabes, neurasthénie, hystérie, psychoses. A l'égard de l'élément douleur, la chaleur radiante lumineuse calmerait la souffrance liée aux inflammations, tandis que les radiations vertes agiraient de préférence sur les névralgies et les névrites.

Cette influence toni-sédative explique, pour une part, l'effet réconfortant et la sensation de bien-être éprouvés dans les régions verdoyantes ou sur les bords de la mer, par l'action de la lumière bleue ou verte que réfléchissent les végétaux ou les eaux marines. Au contraire, les rayons rouges sont excitants *pour le système nerveux,* car on a observé que des ouvriers manipulant en lumière rouge les produits photographiques, devenaient irritables, présentaient de l'excitation génésique, et que cette exaltation cessait par l'emploi de verres verts. D'ailleurs on sait que chez les animaux, le rouge excite le taureau, le dindon, et qu'au contraire, les lunettes bleues calment les chevaux emportés.

quand il s'agit de choléra ou de fièvre typhoïde, les animaux des cages de bois survivent au contraire davantage. Ne semble-t-il pas que ces expériences correspondent assez bien à la pathologie humaine, où l'on voit le tuberculeux rechercher avidement l'air et la lumière, tandis que le typhique paraît mieux dans le faible jour d'une chambre demi-close » (Arnozan, *Précis de thérapeutique*, tome II).

Indications thérapeutiques.

Maladies par ralentissement de la nutrition. — L'action oxydante et hématopoïétique qu'on a attribuée à la balnéation lumineuse, a été appliquée dans l'anémie, la chlorose, la débilité générale. La température ne dépassait pas 35-40°, car c'était surtout la lumière qu'on faisait agir, et on arrêtait assez vite la séance, dès les premiers signes de transpiration. Le malade recevait ensuite une douche tempérée, en jet ou en pluie, ou prenait un bain tiède et court.

L'obésité est traitée avec succès par les bains généraux photoélectriques, combinés, pour plus d'efficacité, avec d'autres agents physiques (hydrothérapie, mécanothérapie) et le régime alimentaire. Les pratiques hydriatiques associées à la sudation locale sont les meilleurs moyens d'agir sur la température du corps, qui doit être abaissée avant la mise en activité de la fonction calorigène des muscles ; c'est une condition nécessaire, comme l'a démontré Winternitz, pour brûler les graisses sans détruire les albuminoïdes. Avec une seule séance de balnéation photo-électrique, suivie de douche, Winternitz a obtenu une diminution de poids de 700 à 800 grammes. Eiffer, Imbert de la Touche, ont eu des résultats semblables ; et ceci sans débiliter le patient par des privations diététiques, mais au contraire en tonifiant son organisme. La température n'a pas dépassé à 37° ; en cinq ou dix minutes, on a une transpiration profuse, et sans grande excitation du cœur, ce qui permet de traiter les obèses cardiaques.

Dans certaines villes d'eaux, comme à Carlsbad, les bains photoélectriques sont utilisés avec quelque avantage, comme adjuvants de la cure hydro-minérale, chez les dyspeptiques, les constipés chroniques.

A l'égard de certaines manifestations de l'artério-sclérose, de la néphrite interstitielle, on a pu enregistrer des succès. De même, pour les diverses albuminuries, que leur origine soit cardiaque, rénale ou hépatique, le bain lumineux est recommandable comme étant puissamment diaphorétique sans fatiguer le cœur.

Ce sont surtout les manifestations goutteuses et rhumatismales qui sont heureusement combattues, grâce au pouvoir analgésiant et résolutif de cet agent thérapeutique. Ici la température doit monter beaucoup plus haut, jusqu'à à 50-60° et même 150° dans les bains locaux ; car c'est surtout la chaleur qui agit. L'analgésie ne se produit qu'au-dessus de 100° et com-

mence trois à cinq minutes après le début du bain qui peut être exclusivement local, ou bien général, le matin par exemple, puis local, dans la soirée. On calme ainsi la goutte aiguë, subaiguë ou chronique, et on agit encore favorablement sur les déformations consécutives. La cachexie goutteuse, elle-même, avec son insuffisance fonctionnelle de la peau et du rein, en retire un bénéfice appréciable. L'albuminurie et les cardiopathies ne sont pas une contre-indication, sauf les cas d'urémie ou d'asystolie aiguës.

De même, les rhumatismes sont heureusement influencés par le bain photo-électrique ordinairement bien toléré aux températures de 15o° pendant trente minutes. Mais une grande prudence est nécessaire quand il y a endocardite. Il faudra donc se rendre compte, préalablement, de l'état du cœur, par une auscultation attentive, puis surveiller le pouls pendant qu'on élève la température, pour arrêter la séance aux premiers signes d'asthénie cardiaque.

Une observation de Guyenot, entre autres, est grandement en faveur de l'efficacité de ce traitement thermo-lumineux. Une attaque rhumatismale articulaire durant depuis douze jours, absolument rebelle au salicylate de soude et à l'antipyrine, a cédé dès l'application du bain de la lumière, sans donner lieu à aucune complication ultérieure.

L'effet calmant du bain local, dans le rhumatisme musculaire, surpasse considérablement celui de l'électricité. Souvent aussi, le rhumatisme chronique est amélioré, surtout dans les premiers temps de son évolution, ainsi que les synovites chroniques. Regnier a eu d'excellents résultats dans le rhumatisme blennorrhagique dont l'épanchement et la douleur ont rapidement disparu, sans ankylose. Il a été plus loin, et dans une tumeur blanche du coude avec commencement de suppuration, chez un enfant de dix ans, il a pu obtenir la cessation des douleurs, la résorption du pus, et un rétablissement partiel des mouvements.

Maladies du système nerveux. — En neurologie, on a vu certaines névroses, l'hystérie, la chorée, l'éréthisme nerveux, la neurasthénie, la psychasténie, même quelques myélites, bénéficier de l'action salutaire de la balnéation lumineuse. Spencer Well en a affirmé l'efficacité héroïque dans le traitement de la neurasthénie « cette reine pathologique du jour ».

Pour Gay Brereton, le bain lumineux serait d'un effet narcotique et tonique excellent. Il calmerait les douleurs fulgurantes du tabes. Dans les diverses névralgies, l'action produite est des plus remarquables. Makakiew rapporte le fait suivant : une

névropathe, atteinte en même temps de tuberculose articulaire, fut prise subitement de douleurs névralgiques qui se compliquèrent ensuite d'un œdème bleu hystérique, avec contracture, anesthésie et paresthésie. Le traitement électrique, appliqué pendant un mois, fut absolument impuissant, tandis que la photothérapie fit disparaître rapidement ces divers accidents.

Keissler, Eiger, Koslowski, Griboudoff, la société Sanitas, citent également plusieurs succès, souvent rapides, se rapportant à des névralgies (sans lésion anatomique) du sciatique, du trijumeau, du plexus brachial, des intercostaux, névralgies datant quelques-unes de 12 à 18 ans. Les plus faciles à traiter paraissent être celles des nerfs occipitaux. Quant à la sciatique, lorsqu'il n'y a pas de lésion organique du nerf, la guérison est rapide, mais au cas de névrite, les échecss ont fréquents, quelquefois même on produit une exacerbation de la douleur (Guyenot). Le massage, l'emploi des vibrateurs électriques, la galvanisation, la haute fréquence... sont alors indiqués.

Dans ces différentes manifestations nerveuses, il semble qu'il faille préférer à la lampe à incandescence, l'arc voltaïque, dont la richesse en radiations chimiques rapproche son action de celle de l'effluve électrique statique ou de haute fréquence.

Maladies des organes génitaux de la femme. — Gautier et Thompson d'Odessa ont signalé des succès intéressants en gynécologie. Le premier a pu combattre, par ce procédé, les métrorrhagies liées aux fibromes de l'utérus, calmer les douleurs, relever l'état général (thèse de Dayail). Le second a constaté des effets analogues avec résorption des exsudats dans les phlegmasies utérines et annexielles chroniques, les salpingoovarites, les métrites parenchymateuses et les endométrites chroniques.

De même, Orlow, en irradiant les organes génitaux avec la lumière électrique blanche fournie par des lampes de 5 à 16 bougies, a obtenu également des résultats satisfaisants dans les métrites, les para et périmétrites, les annexites tant aiguës que chroniques, la dysménorrhée, les douleurs liées aux prolapsus, la leucorrhée d'origine gonococcique.

Heureuse méthode, conservatrice au premier chef, qui, dans certains cas, sauverait la femme des mutilations chirurgicales de la castration !

Autres affections chirurgicales. — Minime, d'abord avec la lumière blanche, puis plus avantageusement avec la lumière bleue, employées concurremment avec le massage, a obtenu des effets analgésiants ou résolutifs dans les contusions, entorses, arthrites traumatiques, ecchymoses, épanchements sanguins même sous-supériostés de la cuisse, du parenchyme rénal, du bassinet.

D'après F. Allard et Guyenot, la chaleur radiante lumineuse constitue aussi un bon traitement de la phlébite, même lorsque l'œdème est chronique. D'autres auteurs signalent, à l'égard des fractures, une consolidation plus active; les ulcères atoniques également se cicatrisent mieux.

Bains de lumière colorée. — Photothérapie négative.

Féré et Raffegeau ont appliqué au traitement des maladies mentales les propriétés thérapeutiques de la lumière froide colorée. La couleur rouge serait indiquée dans les formes dépressives, tandis que les états délirants se trouveraient bien de l'exposition à la lumière bleue ou violette.

On a noté des résultats heureux dans les psychoses et les névroses, mélancolie, obsessions, épilepsie, hystérie, chorée, neurasthénie. A l'égard de cette dernière affection la balnéation rouge serait particulièrement efficace contre l'hypéresthésie, point de départ de la plupart des symptômes caractéristiques, céphalée, vertiges, rachialgie. (Joire, de Lille).

Cependant il y a lieu de tenir compte de certaines idiosyncrasies, car on a vu des névralgies faciales et des hypéresthésies cutanées céder en général au bleu, alors que d'autres étaient au contraire empirées par cette coloration; on pouvait cependant constater que la lumière était active, car les radiations totales de l'arc voltaïque refroidi les calmaient instantanément (Foveau de Courmelles, *Journal de Physiothérapie*, 1903, p. 339).

Affections cutanées. — Des tentatives de traitement, par une chambre lumineuse éclairée au moyen de lampes à incandescence, rouges, vertes ou bleues, ont été faites en 1900 à l'hôpital Saint-Louis, dans le laboratoire de Gastou. Les expériences avec différents rayons portèrent sur de nombreux cas d'eczémas, d'acné, d'ichtyose, de psoriasis, de lichens. Une amélioration toute superficielle, qui ne se maintint même pas, tel fut, en général, le seul résultat obtenu.

Maladies éruptives. Photothérapie négative. — Frappé de l'action phlogogène de la lumière chimique sur la peau normale, Finsen estima que les effets de cette partie du spectre, utiles en certains cas, ne pouvaient être que nocifs dans les états pathologiques du revêtement cutané dont la vitalité se trouve alors

amoindrie. C'est ainsi qu'il fut conduit à une méthode de traitement basée sur l'exclusion des rayons chimiques, ou *photothérapie négative :* il proposa, en 1893, de soigner les varioleux, dont la peau, comme on sait, est altérée par l'éruption, en les mettant à l'abri de tout rayonnement actinique par le séjour dans une chambre à tentures et vitres totalement rouges.

Sous l'impulsion des idées théoriques du savant Danois, plusieurs médecins, Lindholm (1) et Swendsen (2) en Norvège, puis Juhel-Renoy (3) en France à l'hôpital d'Aubervilliers, et d'autres expérimentateurs encore ont essayé cette méthode. Elle a donné des succès réels, mais seulement à certaines conditions déterminées, dont la stricte observance est de rigueur. Il faut absolument, d'après Finsen, éliminer toute radiation chimique, avec le même soin que le fait le photographe pour ses plaques, par une coloration *rouge foncé* de toute la chambre, par l'emploi exclusif d'une lampe d'éclairage peu brillante à globe également rouge foncé, et maintenir cette couleur, sans la moindre interruption, jusqu'à dessication complète des pustules varioliques. En se conformant minutieusement à cette règle, on évitera le plus souvent la suppuration et les cicatrices consécutives, si disgracieuses, en même temps qu'on abrègera la durée même de cette grave maladie, si toutefois le traitement a pu être commencé assez tôt (dès l'apparition de l'exanthème autant que possible). Il est à remarquer que la moindre exposi-

1. Lindholm. *Hospitalstidende,* 6 sept. 1893.
2. Swendsen. *Medicinsk Rev.* oct. 1893.
3. Juhel-Renoy. *Bull. et Mém. de la Soc. méd. des Hôp. de Paris,* 14 déc. 1893.

tion à la lumière blanche serait une cause d'échec. Il y aurait lieu, cependant, de se demander, avec Finsen, si cette action prolongée de la lumière rouge peut agir fâcheusement sur l'état général. Olemikoff a, en effet, observé, chez des varioliques ainsi traités, des phénomènes d'excitation cérébrale et des hallucinations terrifiantes, ce qui, à un tel degré, doit constituer évidemment une contre-indication au traitement. Peut-être, qu'alors, la lumière verte serait préférable.

En outre, quoique cette photothérapie négative conjure les accidents de l'exanthème et l'hyperthermie, il n'en faut pas moins appliquer concurremment les diverses prescriptions diététiques, hygiéniques ou médicamenteuses.

A l'égard des autres maladies éruptives, les mêmes essais ont porté sur la rougeole (Chatinière, *Presse médicale* 1900), et sur la scarlatine (Schoull, *Société de thérapeutique*, nov. 1902). Ici encore la lumière rouge manifeste une influence curative et même abortive.

Dans tous les cas, il y a tout avantage à instituer le traitement le plus tôt possible, dès le début de l'infection.

A dire vrai, l'empirisme ancien, comme il arrive souvent, avait devancé les idées scientifiques de Finsen, car déjà, au moyen âge, puis au XVIII[e] siècle (Fouquet de Montpellier), on enveloppait les varioleux dans des étoffes rouges, pratique encore en usage dans certains pays : le Tonkin, le Japon, la Roumanie.... Au siècle dernier, Picton (1) et plus

1. Picton. *Arch. gén. de méd.*, t. XXX

tard Black (1), Waters (2), Barlow (3), Gallavardin (4), remarquèrent encore l'effet bienfaisant de l'obscurité dans l'évolution de la variole.

Mais c'étaient là des applications sans base ni méthode, que la science actuelle a eu le mérite d'expliquer, de confirmer, de légitimer et de perfectionner.

*
* *

Tels sont les effets généraux des bains de lumière sur l'ensemble de l'organisme. Cette activité puissante paraît se répercuter sur les diverses fonctions vitales et agir favorablement sur des maladies très variées, au point de réaliser presque une sorte de panacée. Cependant (mise à part la photothérapie négative, qui en somme n'a d'autre prétention que de soustraire à certaines radiations nocives, les manifestations cutanées d'une maladie générale) notre enthousiasme doit se montrer réservé, dans bien des cas, nous semble-t-il, sur l'étendue et le degré d'efficacité spécifique de l'agent lumineux.

Outre que son mode d'action est très imparfaitement connu (5) nous ne pouvons ne pas envisager la possibilité de phénomènes suggestifs et psychiques concomitants dont le rôle curatif est si considérable, surtout en pathologie nerveuse. De plus, avec l'em-

1. Black. *The Lancet*, 1867, t. I.
2. Waters. *Lancet*, 1871, t. I.
3. Barlow. *Lancet*, 1871, t. I.
4. Callavardin : *Trait. variole par suppr. de la lum. Lyon médical*, 1892.
5. Leredde et Pautrier pensent que l'agent lumineux doit agir sur le milieu sanguin et par là, sur l'ensemble de l'organisme. « En se plaçant, disent ces auteurs, à un point de vue de physiologie générale assez élevé, on peut établir quelques comparaisons entre la chlorophylle et l'hémoglobine : ces deux

ploi combiné d'autres agents physiques ou pharmaceutiques qui viennent fréquemment joindre leur action à celle de la lumière, comment faire la part exacte de ce dernier facteur thérapeuthique ? Comment expliquer encore les modifications produites, en gynécologie, par exemple, sur des organes profondément situés, tels que l'utérus, les trompes, les ovaires? alors que la pénétration des rayons à travers les tissus est si difficile à obtenir. Aussi, dans l'état actuel de la science, tout jugement définitif sur ces délicates questions serait véritablement prématuré.

Il faut donc attendre que de nouvelles et patientes recherches de laboratoire, des observations cliniques multipliées, une critique sévère, viennent sanctionner les magnifiques et bienfaisants résultats espérés. Mais nous craignons des déceptions, et en attendant les arrêts de la clinique, nous ne pouvons que rapporter ces paroles du professeur Finsen :

« Je pensais avant tout, dit cet auteur, à un traitement général sous forme de bain de lumière, c'est-à-dire une exposition du corps entier aux rayons chi-

substances chromatiques jouent dans le règne végétal et dans le règne animal un rôle analogue, qui est un rôle assimilateur par excellence, l'un assimilant le carbone nécessaire à la nutrition de la plante, l'autre assimilant l'oxygène qui est, lui aussi, un aliment pour l'organisme animal. Or, la lumière joue un rôle capital dans la formation de la chlorophylle et dans le fonctionnement de l'assimilation chlorophyllienne. Ne pourrait-on pas se demander si la lumière joue un rôle analogue vis-à-vis de l'hémoglobine, et si le rôle recteur d'oxygène de cette substance s'effectue aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité ? Ce n'est encore là qu'une vue de l'esprit, mais nous avons déjà entrepris toute une série d'expériences conduites dans ce sens. Si cette hypothèse était confirmée, on pourrait ainsi expliquer l'action générale que le bain de lumière peut exercer sur tout l'organisme et dont le milieu sanguin serait ainsi l'intermédiaire (Photothérapie, *loc. cit.*).

miques lumineux. J'ai d'ailleurs mis ce dessein à exécution, mais je n'ai rien publié à ce sujet parce que je pensais que mes recherches, dans cette voie, n'étaient pas encore sorties du stade d'étude. Sur ces entrefaites, les bains de lumière, nés en Amérique, entrèrent, ces derniers temps, dans la pratique, surtout en Allemagne. Depuis un certain temps, on fait beaucoup de charlatanisme avec ces bains, et l'on s'est servi pour cela de mes recherches sur l'action physiologique de la lumière et de mon nom, d'une façon qui ne m'a pas été agréable. Aussi suis-je forcé de m'en expliquer ».

Pour réaliser son bain au moyen de la lumière solaire, Finsen fait placer le malade dans une enceinte suffisamment rafraîchie par une douche en pluie ou un arrosage souvent renouvelé, afin déliminer toute action calorifique.

Pour le bain photoélectrique, une salle circulaire, éclairée par deux lampes à arc de 100 ampères situées au centre, est divisée radialement en compartiments, dont chacun contient un lit incliné sur lequel s'étend le malade entièrement nu.

La sensibilité individuelle présentant de grandes différences vis-à-vis des radiations chimiques, Finsen demande de la prudence dans l'application de la balnéation lumineuse.

CHAPITRE VII

Applications thérapeutiques au traitement des dermatoses.

Les résultats fournis par l'étude de l'action locale, cutanée de la lumière, forment la base solide, scientifique, d'une méthode absolument précise, la *photothérapie positive* de Finsen, ou simplement *photothérapie:* elle consiste dans l'application, sur une région limitée de la peau, des radiations actiniques, concentrées à dose suffisante.

Ce sont, en effet, les longues recherches expérimentales dont nous avons parlé antérieurement qui ont permis d'ériger en méthode rationnelle l'utilisation curative locale du pouvoir microbicide de la lumière chimique, et de la réaction inflammatoire et sclérosante qu'elle provoque sur le tégument.

De cette activité spéciale des rayons chimiques, Finsen a conclu à leur influence heureuse sur le lupus, prévision que la clinique a parfaitement confirmée.

Il a trouvé, en outre, le secret de la pénétration des radiations en montrant qu'il fallait, par compression, anémier les tissus pour en chasser le sang, dont l'hémoglobine absorbe les radiations bleues et violettes.

Actuellement, la photothérapie est appliquée à d'autres affections que le lupus, tuberculeux ou éry-

thémateux : tuberculides diverses, épithélioma de la face, nœvus vasculaire plan, sycosis, couperose, pelade, leucoplasie buccale.

Le problème de la photothérapie dermatologique consiste à éliminer d'une source lumineuse puissante, dégageant par conséquent beaucoup de chaleur, les rayons calorifiques (rayons rouges et infra-rouges) nuisibles à ce degré d'intensité, pour ne conserver que les rayons éclairants, ici indifférents, et les rayons actiniques (rayons violets et ultra-violets) seuls actifs, et par suite, indispensables.

Nous commencerons par décrire les divers appareils qu'on a inventés pour arriver à ce résultat :

Appareils de Finsen. — Il en existe deux modèles, l'un pour l'utilisation de la lumière solaire, l'autre pour celle de l'arc électrique.

L'appareil qui sert à concentrer la lumière du soleil est constitué par une boîte métallique ronde, mesurant 0 m. 25 de diamètre, dont les parois supérieure et inférieure sont respectivement formées par une lame de verre plane et une lentille plan-convexe. Une solution bleu clair de sulfate de cuivre ammoniacal remplit l'espace (2 litres environ) compris entre les deux verres. Un pied métallique porte l'appareil qui, par la possibilité de mouvements autour d'un axe vertical et autour d'un axe horizontal, peut être disposé en tous sens pour suivre la marche du soleil, dont les rayons se concentrent ainsi au foyer de la lentille, où se trouve placée la surface malade à traiter. La solution colorée intercepte les rayons nuisibles et ne laisse passer que les rayons chimiques, seuls utiles.

Le second système utilise les radiations d'un arc voltaïque à courant continu de 60 à 80 ampères sous 40 à 45 volts. Un cercle de fer de 0,80 environ de diamètre, au centre duquel est le foyer lumineux, porte, suspendus à sa circonférence, par des supports, quatre colluteurs de lumière (permettant de traiter quatre malades à la fois) dont les axes convergent vers la partie la plus éclairante de l'arc. L'ensemble peut se déplacer dans le sens vertical, et les collecteurs, sont, en outre, mobilisables sur la branche inférieure du support. Cette disposition permet le réglage dans le sens radial, ainsi que dans le sens de la hau-

teur. Un tube de plomb, situé en dedans, au niveau du bord inférieur du cercle métallique, reçoit une circulation d'eau.

Deux tubes, s'emboîtant à la façon d'un télescope, forment le collecteur concentrateur. Le premier tube, fixe, d'une longueur de 0 m. 60, porte à l'extrémité tournée vers le centre, un système de lentilles de 0 m. 07 de diamètre et de 0 m. 12 de foyer, qui ont pour effet de rendre parallèles les rayons divergents de l'arc voltaïque. Ce dernier doit donc coïncider exactement avec le foyer. Le second tube, mobile à frottement dur dans le premier, est muni à son extrémité libre, de forme tronc conique, d'un système convergent de deux lentilles, dont le foyer se trouve à peu près à 0 m. 10 en dehors du tube. De l'eau distillée, remplissant l'espace laissé entre les deux lentilles, absorbe les rayons infra-rouges qu'arrête encore le cristal de roche composant la substance des lentilles employées. En outre, un manchon métallique, où circule un courant d'eau froide, enveloppe cette extrémité conique du tube.

Pour ischémier momentanément et rafraîchir la région à traiter, on la comprime avec un compresseur formé d'un anneau métallique enchâssant deux disques en cristal de roche, entre lesquels passe de l'eau froide. Des liens élastiques permettent de fixer l'appareil sur la peau.

Appareil de Lortet-Genoud. — Les auteurs se sont proposé, tout en maintenant les mêmes résultats objectifs, de réduire, grâce à une utilisation plus complète des rayons chimiques, l'ampérage élevé du système précédent, et de diminuer aussi la longue durée des séances nécessitant au moins une ou deux heures de pose.

L'arc voltaïque, réalisant les conditions voulues d'intensité photochimique et de grandeur minima du foyer, est produit par un courant de 12 à 15 ampères sous 55 à 65 volts, et jaillit entre deux charbons, le positif homogène et de 0 m. 008 de diamètre, le négatif à âme centrale et de 0 m. 012 de diamètre. Ces charbons sont inclinés l'un sur l'autre à angle aigu, de manière que la presque totalité des rayons passe par le centre d'une cuvette allongée longue de 0 m. 006 à 0 m. 007 dans laquelle circule de l'eau froide. Cette pièce importante permet de recueillir les rayons très près de leur source, tout en soustrayant le patient à la chaleur dégagée. Grâce à un dispositif spécial, on déplace en tous sens l'arc électrique et on règle à volonté son intensité.

Un obturateur creux, traversé constamment par un courant d'eau froide, et dont les faces sont constituées par deux lentilles en cristal de roche, s'adapte à l'orifice de la cuvette oblongue. L'une des lentilles, à surface plane, obture cet orifice, tandis

que l'autre, légèrement convexe et de dimensions variables, s'applique sur la région à traiter. Un miroir concave, placé derrière la source électrique, en projette la lumière en avant. L'appareil est monté sur un pied en fonte avec lequel il s'articule de manière à pouvoir tourner en tous sens.

Pour le manuel opératoire, on met d'abord l'eau en circulation et l'on a soin de purger le compresseur de toute bulle d'air en le renversant un instant ; puis, la partie malade étant fortement appuyée contre le compresseur, on fait jaillir l'arc électrique d'abord à une distance de 0 m. 06 à 0 m. 08 de la cuvette, et l'on règle par tâtonnements l'écart des charbons jusqu'à production d'un foyer lumineux pur, sans flamme ni fumée, ni bruit fort. Ce résultat obtenu, on rapproche l'arc de la cuvette jusqu'à une distance de 0 m. 02 ou 0 m. 03 pour capter le plus possible de rayons chimiques. Un temps de pose de 15 ou 20 minutes est suffisant.

Le compresseur de Lortet-Genoud ne pouvant s'adapter à certaines régions cachées, ni atteindre les muqueuses, Leredde a imaginé et fait construire deux autres modèles, reposant toujours sur le même principe (refroidissement et compression). L'un permet d'aborder les petits recoins des replis naso-géniens de l'angle oculo-nasal ; l'autre peut s'appliquer sur les muqueuses des fosses nasales et de la cavité buccale.

Appareil de Schall (1). — Le cratère creusé dans le charbon négatif par le courant continu offre l'avantage de limiter, en formant écran, la diffusion des rayons. Un courant alternatif, au contraire, en usant les deux charbons en pointe, laisse la lumière rayonner en tous sens. Pour en restreindre la dispersion, il devient nécessaire d'employer un réflecteur qui, pour résister à la haute température de l'arc, sera en matière réfractaire (dolomie, craie, silicate de magnésie, terre de pipe...)

Schall voulant construire un appareil qui put marcher à volonté sur courant alternatif ou sur courant continu (suivant la source électrique dont on dispose) s'est arrêté au système suivant : Un disque de terre de pipe mélangée à de l'oxyde de magnésium, est creusé, au centre d'une de ses faces, d'une cavité cylindrique où viennent faire saillie les deux charbons poussés par des ressorts à boudin. Un bloc réfractaire s'oppose au contact des deux charbons qui doivent avoir entre eux un intervalle à peu près fixe pour la production de l'arc.

Cet appareil a le grand avantage de produire avec le minimum d'énergie consommée, le maximum d'effet thérapeutique :

1. *Archiv. électr. méd.*, 15 sept. 1901.

tous les hectowatts dépensés sont transformés en lumière utile, car la lampe se branchant directement sur un secteur d'éclairage à 110 volts, la transformation inutile de l'énergie électrique en chaleur, par les résistances ohmiques, se trouve supprimée.

Appareil Foveau de Courmelles et Trouvé. — Après la construction d'un premier appareil fonctionnant avec une lampe à incandescence, Foveau et Trouvé ont imaginé un radiateur chimique utilisant un arc voltaïque de faible intensité, 15 ampères sous 110 volts. Un miroir parabolique refroidi par une circulation d'eau (produite par un mécanisme ingénieux et peu dispendieux) réfléchit la lumière de l'arc.

A l'appareil sont encore adaptées deux lamelles de quartz filtrants, entre lesquelles on peut faire passer de l'eau froide ou verser une solution colorée.

L'appareil tout entier s'applique sur la peau.

Lumière électrique sans chaleur. — « Malgré la supériorité de leur rendement lumineux (mesuré par le rapport de l'énergie des radiations lumineuses à l'énergie des radiations totales), les lampes à arc perdent en radiations calorifiques obscures les 9/10 de l'énergie électrique qui leur est fournie. Suivant une heureuse comparaison, on se trouve dans la situation d'un organiste qui, pour arriver à tirer quelques notes aiguës de son clavier, devrait souffler dans tous les tuyaux. En d'autres termes, pour produire les radiations dont le nombre de vibrations dépasse 400 trillions par seconde, on est obligé de produire en même temps toutes les vibrations plus lentes qui absorbent la plus grande partie de l'énergie. Peut-on éviter la production de ces radiations calorifiques parasites ? Cela n'est pas douteux. Il en est ainsi pour les phénomènes de fluorescence et de phosphorescence, pour les décharges électriques dans les gaz raréfiés. Ces décharges provoquent un bombardement moléculaire dont l'effet est de rendre lumineuses les molécules contenues dans les tubes et les parois de ceux-ci. Comme les oscillations électriques s'amortissent rapidement, il faut répéter l'action motrice le plus souvent possible.

M. Tesla y est arrivé tout simplement en employant les courants de haute fréquence et de haute tension. Sous leur influence, un long tube de verre, dans lequel on a fait le vide, s'illumine brillamment, soit au contact, soit à distance, lorsqu'on le promène dans le champ électrique oscillant. Comme les gaz n'ont qu'un pouvoir émissif faible, M. Tesla utilise aussi les susbtances solides.

La lampe Tesla est formée d'un long tube de verre de 5 à 6 mètres de long et contourné en spirale. Les bouts du tube sont coiffés de calottes métalliques comme les ampoules à radio-

graphie, et portent des crochets de suspension. On obtient ainsi une lumière douce, équivalent à 50 bougies pour chaque lampe, sans dégagement de chaleur. Il semble que cette lumière sans chaleur mériterait d'être essayée dans certains cas » (1).

Emploi de la machine statique comme source de rayons chimiques. — Le Dr Leduc, de Nantes (2), ayant fait la remarque précédente relative à la perte d'énergie sous forme de chaleur, songea à s'adresser à la machine électro-statique pour obtenir une source n'émettant que des rayons utiles (bleus, violets et ultraviolets).

Dans une communication antérieure, Leduc (2) avait signalé ce fait, qu'une pointe métallique, en rapport avec l'un des pôles d'une machine électrostatique, l'autre pôle étant isolé, est un centre actif de production de rayons non éclairants, rayons ultra-violets, exerçant à distance une action photographique qui permet d'en effectuer l'étude. Le pôle négatif a le rayonnement plus intense. Ces rayons peuvent être concentrés par des lentilles ou par des miroirs. On peut encore exposer les tissus préalablement anémiés à l'action de l'effluve, en appliquant sur la peau un appareil constituant une électrode plate circulaire, et comprenant: le compresseur, plus un condensateur uni à l'armature externe d'une bouteille de Leyde, qui communique par son armature interne avec l'un des pôles d'une bobine d'induction donnant au moins six centimètres d'étincelle et dont l'autre pôle est mis à l'armature interne d'une bouteille dont l'armature externe est au sol; ce condensateur est formé d'une feuille de celluloïde ou de mica qui représente le dielectrique, et d'une plaque perforée d'aluminium et d'une sphère métallique qui représentent les armatures.

Strebel a proposé, comme source de rayons violets et ultra-violets, l'étincelle produite par les fortes bobines d'induction pourvues de bouteilles de Leyde. Les rayons de l'étincelle rendues parallèles par une lentille de quartz, traversent un prisme, puis un écran, et sont enfin concentrés en foyer par des lentilles de quartz. Le dispositif est assez compliqué. Mais au point de vue scientifique, il est du plus haut intérêt de constater la production de rayons chimiques par des sources aussi différentes des sources lumineuses que le sont la machine électro-statique et la machine d'induction, qui d'autre part peuvent engendrer des rayons de plus courte longueur d'onde (rayons de Roëntgen) dans l'ampoule de Crookes.

1. Marie. *Archives d'électr. méd.*, 15 nov. 1901.
2. Leduc. *Annales d'électrobiologie*, mars-avril 1901.

Lampe de Bang. — Pendant que les médecins électriciens cherchaient à utiliser les radiations actiniques des effluves produites par les machines statiques et d'induction, d'autres expérimentateurs s'efforçaient d'accroître le rendement de l'arc électrique en rayons chimiques en ajoutant certaines substances aux électrodes. Strebel avait déjà essayé des charbons imprégnés d'oxydes de magnésium, d'aluminium, de zircone, et essayé des électrodes en aluminium. Righi avait pris une électrode positive en zinc, avec une électrode négative en charbon. Plus récemment Bang (1), directeur du laboratoire de l'Institut Finsen, s'est adressé à des électrodes en fer, métal dont le spectre est très riche en rayons ultra-violets. Ces électrodes, creuses, sont parcourues par de l'eau qui les refroidit énergiquement.

ppareil Broca-Chatin. — A. Broca, en collaboration avec A. Chatin, cherchant à réaliser avant tout un générateur de radiations chimiques, a fait construire un appareil nouveau, fondé comme celui de Bang, sur l'emploi de l'arc au fer, mais avec cette caractéristique extrêmement importante, que toute réfrigération est supprimée et que l'intensité photochimique est accrue par la mise en action d'un courant beaucoup plus considérable que celui employé par Bang. Les électrodes sont constituées par un charbon positif à âme métallique convenable et un charbon négatif ordinaire. L'usure est ainsi parfaitement régulière. Malgré les intensités électriques employées, on maintient facilement la peau humaine à 0 m. 10 de l'arc pendant un temps illimité, sans échauffement pénible. Par contre, les effets actiniques sont extrêmement intenses, le papier au citrate d'argent étant réduit au rouge très foncé en cinq secondes à 0 m. 10 du foyer lumineux. Il fallait éviter la transformation en chaleur des rayons chimiques (bleus, violets, ultra-violets). Or, cette transformation, pour les rayons ultra-violets est très difficile à empêcher, on ne peut espérer de bons résultats que par une compression encore plus parfaite que dans les appareils à arc normal.

Cet appareil utilisé, à l'hôpital Saint-Louis, dans le laboratoire d'électrothérapie de Gastou, a fait l'objet d'une note insérée aux Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences (mars 1902) et d'une présentation à la Société de dermatologie (avril 1902).

Les auteurs décrivent ainsi l'appareil générateur d'énergie radiante, puis le système de compression :

« Un régulateur à charbons verticaux et à positif inférieur,

1. Bang. *Deutsche med. Wochenschrift*, 26 sept. 1901.

automatique ou à main, est placé sur un pied et entouré d'une cheminée en laiton, percée de quatre trous à hauteur du foyer de l'arc. Ce manchon métallique protège les assistants contre les érythèmes et les ophtalmies dangereuses que l'on ne peut éviter sans cela. Trois des trous à 60 degrés l'un de l'autre permettent d'approcher trois malades à traiter, le quatrième est destiné à surveiller les charbons. Pour arriver à ce résultat sans danger pour les yeux, une tige est fixée au tube, elle porte une lentille montée sur une glissière, au moyen de laquelle on produit sur le mur une image réelle et renversée du cône de lumière.

La cheminée a 14 centimètres de dimamètre et 70 centimètres de haut, elle est percée à sa base d'ouvertures destinées à éviter l'échauffement par la production d'un courant d'air. Elle protège aussi les malades contre de petites projections incandescentes que nous n'avons pu encore éviter complétement.

Pendant le fonctionnement, il se produit quelques vapeurs d'oxyde de fer qui n'ont que l'inconvénient de se déposer en fine couche impalpable sur les objets environnants. Nous n'avons jamais été gênés par ces vapeurs dont on pourrait du reste s'affranchir complétement par un tuyau de dégagement approprié.

Le pied de l'appareil porte trois mentonnières permettant aux malades de conserver sans fatigue la position voulue. Deux glissières, dont une permet la rotation de la tige de support, amènent la mentonnière à la bonne hauteur et à la distance convenable de l'arc.

Passons maintenant à la description de l'appareil de compression. Il se compose d'une calotte métallique que l'on place sur la tête du malade, ce qui donne un solide point d'appui, elle est munie au fond d'un coussin pneumatique dont nous verrons le rôle tout à l'heure. Le bord de cette calotte porte une série de boutons qui permettent d'agrafer des bandes souples d'acier percées de trous, au moyen desquelles nous fixons le compresseur. Celui-ci comprend deux pièces, une garniture portant la lentille de quartz et deux tiges qui glissent librement dans des ouvertures pratiquées sur une rondelle de métal, qui, elle, est solidaire des bandes d'acier ci-dessus décrites. Cette rondelle est traversée par trois vis, qui prennent appui sur l'armature de la lentille.

Pour exercer une compression en un point déterminé, on commence par placer le compresseur de quartz en ce point et à l'y fixer au moyen de bandelettes d'acier, sans s'occuper de

donner ainsi une très forte pression. Une fois l'appareil assujetti on gonfle le coussin pneumatique et on achève la compression avec les vis qui permettent d'imprimer au quartz la direction convenable et le serrage nécessaire pour rendre les tissus placés au-dessous absolument exsangues.

Les bandelettes d'acier qui maintiennent le système sont garnies de tubes en caoutchouc, dans les régions où elles sont en contact direct avec la peau.

Tout l'appareil peut être aisément nettoyé et garni de compresses renouvelables pour chaque malade.

Les lentilles de cristal de roche sont de formes variées, pouvant s'adapter aux diverses régions à traiter. La monture mobile permet leur retournement et on peut alors utiliser, suivant les besoins, leurs deux faces qui ont des courbures différentes.

Ces différents instruments font réaliser d'excellentes compressions, aussi avons-nous produit avec l'arc électro-métallique des réactions curatives très nettes.

Pour M. Bang, l'arc au feu ne donnerait que des résultats superficiels, nous croyons, nous, avoir obtenu sur nos lupus des réactions profondes ; nous l'attribuons en partie à la grande intensité de notre arc, mais surtout à la compression, car, comme nous l'avons déjà dit, les rayons lumineux actiniques sont très énergiquement absorbés par le sang, ils sont alors transformés en chaleur absolument inactive au point de vue microbicide et sclérogène qui nous intéresse. On ne peut donc espérer une pénétration à une certaine profondeur dans les tissus qu'en chassant le sang d'une façon parfaite.

En somme, cet appareil est d'un usage commode à cause de la suppression complète des courants d'eau qui compliquent considérablement les appareils de Finsen et Lortet-Genoud, et absorbent dans le compresseur refroidi nombre de radiations utiles. De plus, la réalisation de la compression avant l'application de la lumière permet de la régler parfaitement et de n'avoir qu'un seul infirmier pour surveiller le traitement de trois malades. »

Appareil Finsen-Reyn. — Combinaison d'appareils, ce système présente une disposition à peu près analogue à celle de l'appareil Lortet-Genoud. Mais il fonctionne avec une intensité électrique plus grande (20 ampères au moins) et emploie le concentrateur de lumière de Finsen qui se place devant la lampe à arc. Les résultats obtenus seraient supérieurs à ceux de l'appareil Lortet-Genoud.

Appareil Marie (de Toulouse). — Il se compose d'une paroi antérieure rectangulaire en cuivre. Le côté droit porte le bâti

du charbon négatif, le côté gauche les deux tubes d'entrée et de sortie de l'eau destinés à refroidir l'appareil. A la partie inférieure de la paroi est fixé un anneau pourvu d'un pas de vis, où l'on fixe les porte-quartz mobiles.

A quelques millimètres en arrière de cette paroi, s'en trouve une seconde analogue qui porte un tube en laiton. L'avant porte la lame de quartz intérieure. Un réflecteur est en face de la partie postérieure du tube. C'est cette partie de l'appareil qui sépare le malade de l'arc électrique.

La partie électrique de l'appareil se compose de deux chariots mobiles portant les charbons qui forment l'arc.

1° Le chariot positif, en laiton, qui comprend une partie inférieure percée de deux trous lui permettant de coulisser le long de deux colonnes horizontales, et une partie supérieure formée d'une douille, dans laquelle les charbons sont solidement fixés au moyen d'une vis à pression.

Cette douille est surmontée de 5 lames formant le radiateur que refroidit l'ensemble du chariot et lui permet de supporter des intensités de courant très élevées ; elle présente, de plus, à sa partie supérieure, un plateau de même forme que le plateau supérieur de la masse inférieure. Ces deux plateaux sont séparés par une couche d'amiante qui empêche la transmission de la chaleur aux bâtis.

2° Le chariot négatif placé à angle droit avec le chariot positif présente la même disposition, sauf que le radiateur est moins puissant et qu'il peut se déplacer vers la partie centrale de l'appareil photothérapique.

L'intensité du courant ordinairement employé pour l'arc, varie de 10 à 20 ampères. Entre les deux charbons, pour que la direction du cône lumineux soit invariable et pour que le rendement lumineux sur la peau du malade soit aussi grand que possible, il existe un réflecteur concave qui renvoie la lumière vers l'ouverture de l'appareil photothérapique.

Accessoires. — L'appareil est suspendu à une chaine métallique, munie d'un contre-poids qui permet de l'amener au niveau désiré ; le malade est installé, dans un large fauteuil, qui permet de supporter les longues séances. Un coussin, muni de bandes élastiques, permet de maintenir l'appareil sur des surfaces cutanées irrégulières.

L'appareil comporte six porte-quartz mobiles qui se vissent sur la partie antérieure de l'appareil.

La compression est réalisée dans les conditions voulues d'efficacité.

Le réglage et la mesure du courant électrique se font au moyen de dispositifs particuliers.

Fonctionnement :

1° Choisir le porte-quartz mobile qui convient à la région à traiter.

2° Ramener les chariots au bout de leur course, et faire glisser chaque charbon dans sa douille, de manière à ce que le cratère du charbon positif soit en face de la pointe du charbon négatif.

3° Placer le coussin derrière la région traitée. Amener l'appareil au contact de la peau par sa lame de quartz extérieure, l'y fixer de façon à ce que le charbon positif soit perpendiculaire à la surface cutanée.

4° Régler au moyen du rheostat l'intensité au maximum que peut supporter le malade. Faire des séances d'une heure.

Remarque. L'appareil est très facile à régler, la disposition du tube d'arrivée d'eau froide est telle que l'appareil contient toujours de l'eau dans la partie en contact avec la peau du malade, et l'arrêt momentané du courant n'entraîne pas d'inconvénient sérieux. Il faut en général employer le courant qui commence à donner une légère sensation de chaleur au malade.

Considérations générales. — Les trois facteurs principaux de l'intensité photothérapique (1), force du courant, rendement lumineux sur la peau du malade, énergie de la compression, interviennent, suivant une mesure variable, dans le fonctionnement des divers appareils photo-électriques. C'est ainsi que dans l'appareil primordial de Finsen, marchant à 60 ou 80 ampères, la grande distance qui sépare le malade du foyer lumineux en diminue notablement le rendement utile, en même temps que, d'autre part, l'insuffisance de la compression paralyse encore l'action

1. *Archiv. d'Electr. méd.* Marie : Technique des applic. méd. de la lum. électriq., 15 nov. 1901. Quelques remarques pratiques sur l'emploi de l'arc électrique en photothérapie, 15 juin 1902.

thérapeutique. Dans la modification Finsen-Reyn, le courant est moins fort, 25 ampères, la distance moindre, mais la compression reste la même.

Dans le système Lortet-Genoud : arc de 20 ampères seulement, distance faible, mais compression incertaine, le patient s'appuyant lui-même contre le compresseur de l'appareil.

Ces divers éléments sont loin, cependant, d'être négligeables, leur rôle étant, au contraire, très important au point de vue du résultat à obtenir. Voici ce qu'enseignent, à cet égard, la physique, la physiologie et la clinique.

La température du cratère positif, d'où émanent le plus grand nombre de radiations, est constante, comme correspondant à la température de vaporisation du carbone (3.600° environ) (recherches de Moissan et de Violle). Il s'ensuit que les variations de l'intensité du courant ne font que modifier la quantité de carbone vaporisé sans changer nullement le degré de la température.

D'autre part, la température à laquelle apparaît une radiation déterminée est indépendante de la nature de la source qui lui donne naissance et dépend seulement de la température. Or, le cratère positif ayant une température constante quelle que soit l'intensité du courant, il en résulte, qu'en faisant varier cette intensité, on ne modifie pas l'ensemble des radiations produites, et que par suite, la qualité de la lumière reste sensiblement la même ; seule la quantité, son intensité, varient avec le courant générateur.

Ce sont là des lois, sinon rigoureusement exactes, du moins suffisamment approchées : si, à la vérité, l'intensité du courant influe sur la température de l'arc,

le faible pouvoir émissif des vapeurs et la moindre efficacité des sources à spectres discontinus, comparée à celles des spectres continus, rendent pratiquement négligeable l'effet de la variation de température sur le pouvoir émissif des vapeurs de l'arc, à radiations discontinues.

La conséquence qui s'en déduit, c'est la possibilité d'obtenir de bons résultats avec ampérage moyen (10 à 20 ampères), économie considérable, attendu que les arcs de grande puissance entraînent des dépenses très élevées.

Toutefois, pour arriver à ce but, il faut réaliser la même intensité lumineuse par unité de surface cutanée, c'est-à-dire le même rendement lumineux sur la peau.

A cet effet, trois conditions doivent être observées :

1° Forme et disposition des charbons pour l'utilisation maximum de la lumière émise avec une intensité donnée de courant.

Le professeur Marie fait remarquer que la disposition angulaire (angle aigu ou droit) des charbons convient à ce point de vue, leur prolongement rectiligne empêchant qu'on s'approche assez de l'arc pour recueillir la totalité des rayons émis. De nombreux essais l'ont conduit à adopter l'inclinaison à angle droit, comme permettant le mieux le maintien du cratère tout à fait à l'extrémité du charbon positif, et l'utilisation commode de son action réfléchissante.

En donnant, en outre, un faible diamètre au charbon négatif que le courant amincit encore à son extrémité, on supprime tout obstacle sérieux devant l'arc, dont on peut ainsi recueillir le maximum de lumière.

2° Réduction au minimum de la distance de l'arc à la peau malade. Cette condition majeure se déduit immédiatement de la loi physique qui régit les intensités lumineuses aux différentes distances, et de laquelle il résulte que la distance étant réduite, par exemple, de moitié, l'intensité lumineuse devient quatre fois plus grande.

3° Compression maxima de la surface traitée. Les milieux colorés en rouge absorbant les radiations chimiques, il est de toute nécessité d'anémier le plus possible les tissus pour que la lumière puisse atteindre leur profondeur, c'est-à-dire le siège le plus actif du mal.

Le Professeur Marie fait remarquer que la compression exercée à cet effet est rarement suffisante. Là serait, d'après lui, la cause principale de l'infériorité des résultats photothérapiques obtenus en France. Hors le cas où il existe un plan osseux sous-jacent, régulier et peu profond, comme sur le front, il pose en principe qu'on ne comprime jamais assez, étant donnée la facilité avec laquelle les tissus animaux se dépriment, d'où la nécessité stricte, sous peine d'insuccès, de pousser cette compression jusqu'à l'extrême limite de la tolérance.

Il faut encore une compression permanente, c'est-à-dire s'exerçant avec la même intensité durant toute la séance du traitement. Or, la compressibilité des tissus, qui leur permet de céder peu à peu sous la pression, tend à les soustraire à chaque instant à l'action de cette dernière ; de sorte que le maximum de compression réalisé au début ne se maintient pas. Pour le maintenir à sa valeur initiale, le Professeur Marie rejette absolument tout procédé basé sur la bonne volonté du malade ou de l'opérateur,

car cette volonté, limitée dans sa force et dans sa durée, ne permet pas de compter sur elle. Il préfère, en pratique, la compression progressive qui laisse tâter la susceptibilité individuelle, et, déterminant un peu d'anesthésie consécutive à l'anémie produite, permet de reculer, en quelques minutes, la limite supportable, jusqu'à des chiffres élevés : 10 kilogrammes avec une lentille de quartz de 0 m. 04 de diamètre pour une peau saine, 2 à 5 kilogrammes dans le cas de lupus.

Après avoir fait des séances de 10, 20, 30 minutes, Marie estime, conformément à l'opinion première de Finsen, que la durée d'une heure, quelle que soit l'intensité d'action des radiations, est la durée normale, la seule permettant des résultats rapides sans lésions destructives.

Il faut, en outre, éviter toute interruption dans le traitement, le prolonger suffisamment, faire des séances quotidiennes, quelquefois même biquotidiennes (lupus très étendus), et enfin continuer la surveillance presque journalière des malades après la fin du traitement.

Manuel opératoire (1). — Quelques lupus exigent une préparation préalable pour être soumis avec fruit au traitement photothérapique, ce sont tout d'abord les formes hypertrophiques, exulcérées, bourgeonnantes, fongueuses. Les fongosités disparaissent évidemment par l'action répétée des applications, mais il est plus simple de les curetter au préalable et de les panser pendant quelques jours au permanganate de potasse, solution forte, ou avec un emplâtre salicylé qui décape les surfaces.

1. Chatin et Carle. *Photothérapie.*

Les lupus croûteux seront débarrassés de leurs squames par des lavages chauds répétés, un fort savonnage au savon noir (Leredde) ou des frictions à l'essence de girofle (Lortet et Genoud), des pansements humides permanents pendant quelques jours.

Des pansements antiseptiques seront appliqués sur les lupus secondairement infectés, purulents, jusqu'à disparition des éléments pyogènes.

Immédiatement avant l'opération, nouveau lavage chaud et nettoyage à l'éther.

Il est préférable de traiter tout d'abord la périphérie de la lésion et d'atteindre peu à peu les parties centrales, pour revenir ensuite sur les lupomes isolés périphériques.

Après la séance, les soins seront en rapport avec l'intensité de la réaction. Une pommade quelconque suffit généralement jusqu'à apparition de l'inflammation. Tant que dureront l'œdème et le suintement, on maintiendra un pansement humide à l'eau bouillie ou boratée. Plus tard, on fera tomber les croûtes sans les arracher par un lavage ou une pulvérisation tiède, après les avoir ramollies par l'application d'une pâte un peu épaisse.

Leredde et Pautrier emploient la pâte de Lassar.

Oxyde de zinc.
Amidon.
Lanoline. } à à
Vaseline.

Réactions provoquées par les applications photothérapiques.

Caractères macroscopiques. — L'inflammation consécutive à l'action photochimique ne commence à se montrer qu'après un temps assez variable,

8 heures à 2 jours. Il y a même ceci de remarquable, que le retard est d'autant plus accusé que la lumière a agi plus longtemps et pénétré plus profondément dans les tissus.

Les phénomènes réactionnels commencent par une rougeur à laquelle succèdent bientôt de l'œdème, très souvent aussi un suintement séreux qui se concrète en croûtes jaunâtres, et quelquefois encore un soulèvement phlycténulaire de l'épiderme avec auréole inflammatoire. Dans quelques cas exceptionnels, on assiste à une tuméfaction érisypélatoïde pouvant faire croire à une susceptibilité spéciale ou à une infection streptococcique. Mais jamais, la réaction photothérapique n'est destructive, les érosions qui peuvent se produire à la suite de longues séances ne tardent pas à se réparer, et en général, une durée de huit jours suffit à la disparition de toute manifestation inflammatoire. En outre, il n'y a d'autre douleur qu'un peu de sensibilité à la pression. La lumière chimique, tout en étant active, présente donc ce grand avantage sur les rayons X, de n'être pas dangereuse, tandis que ces derniers produisent facilement des pertes de substance profondes et durables.

Réactions microscopiques. — Leredde et Pautrier ont étudié histologiquement, nous l'avons déjà vu, la réaction photo-électrique des tissus sains, en se plaçant dans les conditions d'une séance de photothérapie. La supériorité de cette méthode se révèle déjà par ce fait, que l'inflammation sclérogène se produit uniformément dans toute l'épaisseur de la région traitée, tandis que dans la scarification et la galvanocautérisation, elle se fait excentriquement aux points touchés.

Mais, dans les tissus lupiques, la réaction histologique est-elle la même que dans les tissus sains ?

Pour résoudre cette question, Leredde et Pautrier ont pratiqué une biopsie chez un malade atteint de lupus tuberculeux en nappe traité par la photothérapie et déjà à peu près cicatrisé. Voici leurs constatations :

Dans *l'épiderme*, 12 à 15 rangées de cellules de Malpighi, régulièrement disposées ; légère hyperkératose, sans parakératose ; épaisseur remarquable de la couche granuleuse ; corps de Malpighid régulier, un peu de spongiose ; entre les cellules de Malpighi, assez nombreuses cellules d'origine dermique dont la variété cytologique est mal déterminée (quelques mastzellen certainement, peut-être aussi quelques rares éosinophiles) ; quelques figures de karyokinèse dans le corps muqueux ; au niveau de la couche basale, cellules minces bourrées de pigment ; nombreux globes de pigment intercellulaire et nombreuses granulations pigmentaires intra-cellulaires.

Dans le *derme*. Transformation scléreuse générale avec vaisseaux dilatés et minces ; nombreux mastzellen ; en certains points moins avancés, quelques nodules dont les cellules, à noyau arrondi, ont le caractère de lymphocytes ; d'autres nodules, périvasculaires, sont formés de plasmazellen volumineux. En quelques points, amas de gros noyaux, à chromatine diffuse, mêlés à des plasmazellen, ayant les caractères de cellules fixes jeunes, à différents stades de la karyokinèse. Il semble bien qu'on assiste à une transformation des nodules lupiques par hypergénèse des cellules fixes.

En résumé, on a affaire à une transformation fibro-scléreuse de la peau, extrêmement régulière, sans

atrophie importante. Directement par l'action immédiate des rayons chimiques, ou indirectement par l'action phagoscitaire des cellules fixes, en prolifération, les bacilles tuberculeux sont détruits.

Au point de vue macroscopique, notons la production de phlyctènes sur la peau lupique. Le liquide, très riche en fibrine, examiné par les mêmes auteurs, a pour formule cellulaire :

Eosinophiles 56, 1/100 ; polynucléaires 14,8/100 ; mononucléaires 7, 4/100 ; globules rouges 21, 7/100.

Le professeur Marie fait remarquer que la réaction est influencée par : 1° la durée du traitement et l'intensité d'action des radiations employées. Ces deux causes ont une action certaine, mais il n'existe pas toujours une relation directe entre leur intensité et l'intensité de la réaction ; 2° la gravité du lupus et l'état général du malade.

L'intensité de la réaction est en général liée à la gravité du lupus et à la profondeur des tissus atteints. La réaction diminue à mesure que la guérison avance, et elle devient presque nulle lorsqu'elle est complète.

La réaction est aussi plus intense lorsque l'état général est mauvais : il peut se produire alors des croûtes parfois très épaisses.

Perméabilité des tissus à la lumière chimique. — Question extrêmement importante qui explique l'action profonde produite par la photothérapie, et sa supériorité sur les autres méthodes, attendu que les autres agents physiques ou chimiques employés pour détruire les foyers lupiques n'agissent que peu en profondeur. Leredde et Pautrier ont déjà montré la réaction photothérapique s'étendant à toute l'épaisseur du derme.

D'autre part, Gebhardt et Godneff ont pu impres-

sionner les sels d'argent, le premier, à travers l'épaisseur de la main, le second, à travers la peau de chiens et de chats vivants sous laquelle il avait introduit de petits tubes remplis de chlorure d'argent.

Mais la compression, comme nous l'avons dit, en anémiant la région, favorise beaucoup la pénétration des rayons.

L'expérience suivante de Finsen le démontre nettement : un morceau de papier photographique, placé sur un des côtés du lobe de l'oreille, pendant que l'autre côté reçoit le faisceau lumineux de l'arc, se trouve impressionné au bout de 20 secondes si on a soin de comprimer l'oreille, sinon aucune influence ne se fait encore sentir au bout de 5 minutes de pose. Plus récemment Darbois (1) a prouvé également que, par la compression, l'épaisseur entière de la joue se laisse traverser par la lumière chimique.

La compression joue donc un rôle de première importance. Mais, fait curieux et qui semble au premier abord paradoxal, une compression énergique retarde l'apparition de la réaction. Cela tient à ce que, dans le cas d'une forte compression, l'énergie apportée par les radiations chimiques se disperse sur une grande épaisseur de tissus, d'ou apparition lente de la réaction à la surface ; au contraire, quand la compression est faible ou nulle, toute cette énergie reste localisée aux couches superficielles, d'on rapidité et intensité apparente de la réaction produite (Marie).

1. Darbois-Marie. *Traitement du lupus suivant les indications*, thèse Paris, 1901.

Résultats thérapeutiques.

Le lupus de Willan a été la première des maladies que l'on a essayé de traiter par les rayons chimiques lumineux. Cette affection, par sa propagation profonde, par son extension en traînées envahissant parfois une surface très étendue, par les difficultés de traitement qu'elle présentait, semblait particulièrement intéressante pour nous renseigner sur les résultats obtenus par cette thérapeutique nouvelle.

D'après la statistique de Finsen, présentée au Congrès de Paris de 1900, sur 553 cas de lupus traités, 362 avaient suivi avec succès le traitement jusqu'au bout.

D'après celle présentée au 7e Congrès de l'Association dermatologique Allemande (mai 1902) au nom de Finsen encore, sur 640, 456 avaient été guéris, dont 130 n'avaient pas présenté de récidive pendant un temps variant de 1 an à 5 ans.

La statistique de Leredde et Pautrier (Société de thérapeutique, séance du 8 janvier 1902) compte 30 guérisons sur 43 malades observés, celle de Gastou, Baudoin et Chatin, 11 guérisons totales et 12 guérisons partielles sur 30 lupus tuberculeux ; celle de Gastou et Chatin (appareil Broca-Chatin) comprend non seulement les lupus tuberculeux et érythémateux, mais quelques autres affections cutanées.

Sur 40 lupus tuberculeux nodulaires, 5 malades ont été guéris objectivement avec 126 séances, 171 séances, 112 séances, 20 séances et 52 séances, et 10 ont été très améliorés avec guérison segmentaire partielle.

Sur 3 lupus érythémateux aberrants, 3 ont été guéris.

Sur 3 lupus érythémateux fixes, 2 ont été objectivement guéris.

Sur 1 épithélioma superficiel, un guéri, sur 1 sycosis non tricophytique, un malade très amélioré après 10 séances.

Enfin d'après la statistique de Carle à l'hospice de l'Antiquaille à Lyon, voici le tableau résumé des résultats obtenus :

Lupus nodulaire ulcéreux dat. de 7 ans, guéri en 6 mois.
Un lupus ulcéreux de la joue, guéri en 5 mois.
Un lupus ulcéreux (nez et lèvre supérieure) guéri en 5 mois.
Un lupus très rongeant du dos de la main, guéri en 3 mois.
Tuberculose verruqueuse de la main, guéri en 4 mois.
Lupus très étendu de la face, guéri en 7 mois.
Lupus nez et sillon naso-labial, guéri en 4 mois.
Lupus infiltré non ulcéré de la joue gauche, guéri en 3 mois.
Lupus joue gauche et narine gauche guéri en 3 mois.
Lupus nez et narine, guéri en 7 mois.
Lupus en papillon des deux joues, guéri en 8 mois.

L'étude critique des différents procédés de traitement employés avant la photothérapie fera ressortir davantage la valeur thérapeutique de cette dernière méthode, dont les résultats publiés sont fort encourageants.

On a préconisé contre le lupus :

1° L'ablation chirurgicale au bistouri ;

2° La méthode caustique ;

3° Le curettage ;

4° Les scarifications ;

5° La galvano-cautérisation ;

6° La radiothérapie et la radiumthérapie qui ont déjà donné d'excellents résultats, mais pas assez précis pour être discutés. Leur énergie d'action leur

réserve sans doute le plus grand avenir ; mais elles exigent une réglementation très précise, une « posologie » exacte non encore établie. Ce dosage est surtout nécessaire pour le radium qui paraît plus dangereux que les rayons X, déterminant des troubles trophiques profonds et peu curables, dont la physiologie est pleine d'obscurité.

Mais ces différents procédés pèchent par la longueur du traitement, et sauf ceux qui exigent l'anesthésie préalable, tels que le curettage et l'ablation, ils sont d'une application douloureuse. De plus ils constituent une thérapeutique adjuvante et améliorante sans doute, mais qui n'est point définitive. Les caustiques ne produisent le plus souvent qu'une cicatrisation superficielle ne donnant que le succès factice d'une fausse guérison. Les scarifications, qui dans des mains d'une rare habileté ont donné de merveilleux résultats, risquent fort de laisser hors de leur atteinte quelques lupomes aberrants, qui seront la source future d'une nouvelle poussée morbide. La pointe du galvano-cautère qui s'enfonce au centre du lupome, n'atteint que la masse centrale du tubercule en voie de caséification, mais respecte la zone périphérique des cellules embryonnaires ou des plasmazellen, zone qui est bacillifère comme la zone centrale. Enfin il est à craindre que pour éviter des récidives, des curettages trop étendus, et des ablations trop vastes ne créent des déformations vicieuses et des cicatrices chéloïdiennes que le côté esthétique doit repousser, surtout à la face, où siège le plus souvent le lupus.

Ce sont ces inconvénients qui constituent pour la plupart les avantages de la photothérapie.

On sait que les rayons chimiques de la lumière

produisent des réactions de la peau qui offrent plusieurs caractères extrêmement précieux au point de vue thérapeutique : d'être profondes, d'aboutir à une sclérose régulière et de n'être pas douloureuses; il convenait donc dans les cas où les méthodes chimiques trop superficielles n'agissaient pas de recourir à la méthode physique.

D'abord la moyenne du temps employé devient de plus en plus favorable au traitement photothérapique, mais l'avantage inappréciable de cette méthode est d'être indolore. Au cours des séances, les malades ne se plaignent que de l'échauffement du cercle des lentilles, qu'un peu de précaution suffit à éviter et les phénomènes réactionnels surviennent sans douleurs et sans inflammations consécutives.

Mais la photothérapie est surtout plus efficace que les anciennes méthodes de petite chirurgie dermatologique. Les rayons pénètrent dans l'intimité des tissus, et atteignent à une grande profondeur les lupômes hypodermiques, les traînées lymphangitiques invisibles, errant autour de la lésion principale et cachés sous un couvercle de peau sain. Cette influence de la lumière à travers les différentes couches de la peau, s'oppose d'emblée à la critique de superficialité d'action reprochée aux autres méthodes.

Enfin l'action irritative de la lumière, agissant également sur tous les points permet d'aboutir à une sclérose égale déterminant la parfaite régularité des cicatrices obtenues ; et les recherches microscopiques, montrant cette régularité des assises cellulaires du tissu cicatriciel, expliquent les résultats cliniques.

Quoiqu'il en soit, la difficulté d'installation, l'intensité de l'ampérage (80 ampères), la durée des

séances, et l'impossibilité de traiter le lupus des muqueuses, ont semblé dès l'apparition des travaux de Finsen des objections essentielles au traitement photothérapique, mais on peut dire aujourd'hui que les appareils nouvellement construits ont fait tomber toutes ces objections et que ceux de Lortet-Genoud, de Broca-Chatin, etc., fonctionnent avec un ampérage considérablement diminué ; et leur instal lation est réduite au minimum.

Quant à la question de la récidive, malgré la statistique de Finsen portant sur 553 cas et notant que sur 362 guérisons en observation depuis longtemps, 100 restent sans récidive, elle ne peut être encore résolue et ne pourra l'être que dans quelques années.

Bien que la photothérapie soit la méthode de choix par excellence, on peut avoir dans certains cas recours à des procédés plus simples ou plus rapides, ou employer à titre d'adjuvant les méthodes signalées plus haut, comme mode de préparation du terrain rendant plus favorable l'action des rayons chimiques :

1° Les petits lupus de la face, du front, du menton et des joues, quand ils ne sont pas au voisinage d'un orifice entraînant une déviation regrettable ou une athrésie des lèvres, des narines ou des paupières sont justiciables de l'ablation au bistouri que constitue une guérison rapide et quelquefois radicale. Mais lorsqu'on soupçonne l'extension lymphangitique du lupus par sa durée et par les signes objectifs, lors même qu'il paraîtrait peu volumineux, il y a intérêt à employer la photothérapie.

2° Le lupus des membres est également justiciable des méthodes plus vigoureuses et plus rapides que la photothérapie ; et dans certaines régions la

laxité des tissus permettrait d'obtenir, quoique cependant au prix d'une cicatrice étendue et souvent pigmentaire, une réunion rapide.

Aussi dans ces cas, la photothérapie est-elle plutôt une méthode d'exception.

Dans d'autres cas aussi le traitement adjuvant peut jouer un rôle important : certains lupus, surtout ceux situés autour des orifices du nez, sur la lèvre supérieure ont une telle exubérance de bourgeons, que le compresseur est rendu inapplicable. Il y a dans ces conditions intérêt à calmer ces bourgeons, avant d'employer la photothérapie, par quelques séances de pansements permanents au permanganate de potasse ; mais il ne faut pas abuser de ce traitement préparatoire car ces cautérisations successives déterminent une couche scléreuse irrégulièrement dense qui entrave le passage des rayons lumineux.

Il en est de même des lupus infectés secondairement, qui présentent des ulcérations suppurantes, des pustules et autres manifestations infectieuses, tributaires de pansements humides au sublimé faible ou au permanganate de potasse.

Certains lupus, la plupart consécutifs à des ganglions tuberculeux ramollis, sont par trop étendus pour pouvoir être traités. Il faut alors avoir recours aux méthodes rapides : certaines traînées lupiques seront enlevées au bistouri, d'autres, bourgeonnantes ou fongueuses seront traitées par le curettage et le thermo-cautère ; et en d'autres points, on pourra faire des applications photothérapiques.

Le lupus des orifices, très souvent exubérant ou ulcéreux, rend souvent délicates les applications photothérapiques, en raison de son siège. Les scarifica-

tions constituent dans ce cas un adjuvant de première ordre.

Enfin, il est certain que les lupus des muqueuses réclament comme traitement la galvano-cautérisation, et que les badigeonnages de caustiques liquides donnent d'excellents résultats dans les lupus du voile du palais inaccessibles au compresseur de Leredde.

Ces restrictions faites, la photothérapie est dans tous les autres cas de lupus, par ses propriétés antibacillaires et sclérosantes, la méthode de choix, et elle constitue pour l'avenir un agent thérapeutique de premier ordre, qui va en se perfectionnant tous les jours, et dont on est en droit d'espérer les meilleurs résultats.

La photothérapie a été aussi employée dans le traitement d'autres dermatoses.

Lupus érythémateux. — Parmi ces cas, les uns aberrants et éphémères guérissent au bout de quelques mois, les autres, fixes, persistent en conservant leur forme fixe ; mais la confusion de ces affections qui n'ont entre elles aucun lien étiologique et que la clinique différenciera peut-être un jour, augmente les difficultés de la statistique.

Voici les résultats jusqu'à ce jour. Au congrès de Paris (juillet 1900), Finsen avait traité 38 lupus érythémateux dont 12 guéris ; à celui de Breslau (mai 1900) sur 44 cas, 14 gérisons et 15 améliorations ; dans la statistique Leredde-Pautrier, sur 23 malades, 3 échecs, 3 améliorations nettes (interrompues par départ), 4 en cours de traitement, 6 guérisons segmentaires. 6 guérisons complètes.

Dans celle de Gastou, Baudoin, Chatin, 10 lupus

érythémateux donnent 3 guérisons totales et 7 guérisons partielles.

Dans celle de Carle, 4 lupus érythémateux traités ont donné 3 guérisons dont 2 très faciles et une ayant nécessité 70 séances.

La question des indications semble donc basée sur la distinction clinique entre ces deux sortes de lupus, et il semble que pour le lupus de Cazenave à forme fixe et présentant des lésions épidermiques et vasculaires tendant lentement à la sclérose superficielle, la photothérapie soit toute désignée. Les courants de haute fréquence ont fait déjà leurs preuves dans ce genre d'affection et semblent compter à leur actif un nombre sérieux de guérisons (1).

Dans l'*acné rosée*, Leredde a obtenu six guérisons sur six cas traités, avec reprise, de la coloration normale et disparition des varicosités des capillaires, et sur 8 autres cas observés, il a noté que dans les cas rebelles, où les autres traitements avaient échoué, la photothérapie avait une efficacité toute particulaire.

Parmi les *nævi*, les nœvi plans sont seuls susceptibles de bénéficier du traitement photothérapique et dans une mesure fort limitée. Leredde suppose que la difficulté consiste dans la structure même du nœvi qui doit être un obstacle à la propagation des rayons chimiques.

Il est légitime aussi d'essayer l'action sclérosante des rayons lumineux dans le *sycosis* des lèvres et de la barbe devenu chronique. Gastou, Baudoin et Chatin ont ainsi guéri cinq cas de folliculites chroniques récidivantes.

1. Le professeur Gaucher a particulièrement constaté leur efficacité contre le lupus érythémateux du cuir chevelu.

L'action irritative de la lumière a été utilisée dans quelques cas de *pelade*. L'essai de ce traitement a été conseillé par Sabouraud dans l'alopécie en aire chronique *in situ* et de surface limitée, mais n'a pas donné de résultats définitifs.

La photothérapie semble agir sur les petits *cancroïdes* superficiels de la face et les formes ulcéreuses qu'on appelle ulcus rodens. Dans la statistique Gastou, Baudoin, Chatin, nous trouvons trois cas d'épithéliome objectivement guéris. Mais dans les autres cas, l'ablation est la seule opération indiquée.

Leredde a obtenu deux bons résultats sur deux cas de *tuberculides* : Un cas de folliclis de Barthélemy et un cas de tuberculide agminée nodulaire.

En 1902, des tentatives ont été faites par Strebe (de Munich) pour traiter *l'uréthrite blennorrhagique* par la lumière d'une lampe au fer. Mais ces essais sont encore trop récents pour être admis sans discussion.

Signalons encore l'action résolutive produite par les rayons actiniques sur *l'adénite et l'arthrite tuberculeuses* (1) ; dans le cas d'adénite suppurée, la lumière hâte l'évolution de la tumeur, et quand elle s'est abcédée, en achève la cicatrisation.

On peut ainsi traiter les adénites tuberculeuses par voie de résolution, tarir les fistules, éviter les cicatrices consécutives, conserver aux articulations atteintes de tumeur blanche, leur souplesse et leur motilité.

Les essais ont été faits en employant la lumière d'une lampe à incandescence de 60 bougies sur 110 volts.

1. Paul Bellemanière, thèse Paris, 1903.

L'utilisation locale de ces lampes à incandescence (50 bougies) avait déjà donné des succès, entre les mains de Garnault et Trouvé (1), dans quelques cas de rhumatisme musculaire et articulaire chronique, d'ulcères variqueux anciens et très rebelles, d'angine aiguë avec amygdalite très marquée, d'ozène et de catarrhe chronique du nez, d'otite chronique, avec bourdonnements et surdité.

Citons enfin, les propriétés de la lumière électrique bleue qui, d'après Minin (2) agit sur les nerfs vaso-moteurs, exerce une action analgésiante très manifeste à l'égard de diverses névralgies, produit une anesthésie assez profonde pour permettre, sans douleur, de pratiquer certaines petites opérations, comme l'avulsion dentaire, et enfin favorise la cicatrisation des plaies, guérit les brûlures de la peau et le purpura rhumatismal.

1. Garnault. *C. R. acad. sc.*, 3 déc. 1900.
2. *Journal de Physiothérapie*, 15 nov. 1903.

CONCLUSIONS

1° La lumière n'est qu'une modalité de l'énergie ; elle peut être engendrée par les autres formes énergitiques et les reproduire à son tour ;

2° Par sa transformation en énergie vitale, elle joue un rôle biologique et thérapeutique de première importance. Son action générale reste encore obscure, par suite des difficultés d'études que présente la complexité de l'être vivant ;

3° Suivant leurs longueurs d'onde, les propriétés des radiations varient considérablement. Les *rayons chimiques*, dont la longueur d'onde est très petite, sont particulièrement actifs. Leur action, excitante et bienfaisante, devient nocive pour une intensité trop forte. A ceux appartiennent le pouvoir bactéricide, phlogogène et pigmentaire de la lumière.

4° Ce sont ces mêmes rayons chimiques qui interviennent seuls dans le traitement des dermatoses et tout particulièrement du lupus. Leur action locale, produit des effets désormais bien connus et avantageusement utilisés en dermatologie.

Vu : le Président de la thèse,
GAUCHER

Vu le Doyen,
DEBOVE

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
LIARD

BIBLIOGRAPHIE

Poincaré. — La théorie de Maxwell et les oscillations Hertziennes.

Décombe. — La célérité des ébranlements de l'éther.

Villard. — Les rayons cathodiqnes.

Jamin et Bouty. — Cours de Physique de l'Ecole polytechnique.

Chappuis et Berget. — Leçons de Physique de l'Ecole centrale.

Griffon. — L'assimilation chlorophyllienne et la structure des plantes.

Bohn. — L'évolution du pigment.

Courtade. — L'irritabilité dans la série animale.

Rivière. — La physicothérapie. Communication faite au XIV[e] congrès international de Médecine à Madrid (avril 1903).

Foveau de courmelles. — II[e] congrès international d'Electrologie et de Radiologie médicales. Berne, septembre 1902.

Regnier. — Radiothérapie et Photothérapie.

Chatin et Carle. — Photothérapie.

Leredde et Pautrier. — Photothérapie et Photobiologie.

Imprimerie de la Faculté de Médecine, H. Jouve, 15, rue Racine, Paris.